

Emmanuel KASONGO YAKUSU<sup>1, 2, 3</sup>  
Dominique LOUPPE<sup>4, 5</sup>  
Franck MONTHE<sup>6</sup>  
Olivier J. HARDY<sup>6</sup>  
Félicien Bola MBELE LOKANDA<sup>7</sup>  
Wannes HUBAU<sup>2</sup>  
Jan VAN DEN BULCKE<sup>1</sup>  
Joris VAN ACKER<sup>1</sup>  
Hans BEECKMAN<sup>2</sup>  
Nils BOURLAND<sup>2, 8, 9</sup>

<sup>1</sup> Ghent University  
Department of Environment  
Laboratory of Wood Technology  
UGent-Woodlab  
Coupure Links 653  
9000 Gand  
Belgique

<sup>2</sup> Royal Museum for Central Africa  
Service of Wood Biology  
Leuvensesteenweg, 13  
3080 Tervuren  
Belgique

<sup>3</sup> Université de Kisangani  
Faculté de gestion des ressources  
naturelles renouvelables  
B.P. 2012  
Avenue Kitima, 3  
Kisangani  
République démocratique du Congo

<sup>4</sup> Cirad  
Unité de recherche Forêts et Sociétés  
Campus international de Baillarguet  
34398 Montpellier cedex 5  
France

<sup>5</sup> Forêts et Sociétés  
Univ Montpellier  
Cirad  
Montpellier  
France

<sup>6</sup> Université libre de Bruxelles  
Faculté des sciences  
Évolution biologique et écologie  
CP 160/12  
Avenue F. D. Roosevelt, 50  
1050 Bruxelles  
Belgique

<sup>7</sup> Université de Kisangani  
Faculté des sciences  
B.P. 2012  
Avenue Kitima, 3  
Kisangani  
République démocratique du Congo

<sup>8</sup> Center for International Forestry Research  
Situ Gede. Bogor Barat 16115  
Indonesie

<sup>9</sup> Research and Synergies Development  
Pte Ltd. Hong Leong Building  
Singapore 04858  
République de Singapour

**Auteur correspondant /**  
**Corresponding author:**  
Emmanuel Kasongo Yakusu  
[Emmanuel.KasongoYakusu@UGent.be](mailto:Emmanuel.KasongoYakusu@UGent.be)

# Enjeux et amélioration de la gestion des espèces du genre *Entandrophragma*, arbres africains devenus vulnérables



**Photo 1.**  
Grume de *Entandrophragma cylindricum* dans une usine de transformation  
(Compagnie forestière de transformation) à Kisangani (RDC).  
Photo N. Bourland.

**Doi :** 10.19182/bft2019.339.a31717 – Droit d'auteur © 2018, Bois et Forêts des Tropiques – © Cirad – Date de soumission : 12 février 2018 ;  
date d'acceptation : 30 octobre 2018 ; date de publication : 15 janvier 2019.



Licence Creative Commons :  
Attribution - Pas de Modification 4.0 International.  
Attribution-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-ND 4.0)

## Citer l'article / To cite the article

Kasongo Yakusu E., Louppe D., Monthe F. S., Hardy O. J., Mbele Lokanda F. B., Hubau W., Van Den Bulcke J., Van Acker J., Beeckman H., Bourland N., 2019. Enjeux et amélioration de la gestion des espèces du genre *Entandrophragma*, arbres africains devenus vulnérables. Bois et Forêts des Tropiques, 339 : 75-94. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2019.339.a31717>

## RÉSUMÉ

**Enjeux et amélioration de la gestion des espèces du genre *Entandrophragma*, arbres africains devenus vulnérables**

Par la qualité de leur bois et leurs nombreux usages traditionnels, les espèces du genre *Entandrophragma* font l'objet d'une intense exploitation, susceptible de compromettre leur pérennité en l'absence de gestion durable. La présente étude dresse un état de la situation de cinq espèces commerciales principales de ce genre : *Entandrophragma angolense*, *E. congoense* (souvent assimilée par erreur à *E. angolense*), *E. candollei*, *E. cylindricum* et *E. utile*. Elle propose des pistes de recherche pour améliorer les stratégies de gestion durable au sein de ce genre. L'étude est principalement basée sur les données scientifiques (publications), économiques (statistiques de production et d'exportation) et juridiques (lois et réglementations), mais aussi sur les plans d'aménagement et les rapports d'inventaire. Les connaissances sur leur gestion sont encore fragmentaires alors qu'elles sont considérées comme vulnérables dans la liste rouge de l'UICN. La forte exploitation industrielle et artisanale de ces espèces ne s'effectue pas toujours dans le respect d'un plan d'aménagement validé, ni de la durée minimum des rotations qui permettraient l'un et l'autre un taux de reconstitution pérennisant cette ressource. Leur gestion durable exige notamment le développement et le respect de mesures d'aménagement pour rendre leur exploitation renouvelable à long terme. Cette exploitation doit s'appuyer sur une gestion adéquate des peuplements naturels et sur le reboisement ainsi que sur des mesures de conservation. Les recherches à développer doivent intéresser leur vitesse de croissance face aux évolutions climatiques, l'évaluation de leurs stocks (production, biomasse, carbone), l'actualisation de leur distribution spatiale, l'amélioration de leur régénération naturelle, les processus de leur reproduction, leurs propriétés anatomiques et technologiques, autant de pistes pertinentes pour garantir la pérennité des espèces exploitables du genre *Entandrophragma*.

**Mots-clés :** *Entandrophragma*, aménagement forestier, exploitation forestière, bois, économie, forêt dense humide, gestion durable, reboisement, Afrique.

## ABSTRACT

**Improved management of species of the African *Entandrophragma* genus, now listed as vulnerable**

Because of the quality of their wood and their many traditional uses, species of the *Entandrophragma* genus are being intensively logged, and this is likely to compromise their survival unless sustainable management is introduced. This study reviews the current status of the five main commercial *Entandrophragma* species: *Entandrophragma angolense*, *E. congoense* (often confused with *E. angolense*), *E. candollei*, *E. cylindricum* and *E. utile*. We suggest directions for research to improve sustainable management strategies for this genus. The study draws mainly on published scientific data, economic data (production and export statistics) and on relevant laws and regulations, but also on existing management plans and inventory reports. Although these species are reported as vulnerable on the IUCN Red List, knowledge on their management is still patchy. Industrial and artisanal logging is intensive and does not always follow a validated management plan or abide by the minimum rotation period, both of which would help to ensure the renewal of these resources. Managing them to ensure that logging is sustainable in the long term requires management measures to be developed and complied with. Sustainable use has to be based on appropriate management of natural stands and on reforestation and conservation measures. Research studies to be developed should encompass the growth rates of the species in the light of the changing climate, assessments of stocks (timber, biomass and carbon), updates of their spatial distribution, improvements to natural regeneration, reproduction processes and the anatomical and technical properties of each species. All these research topics are necessary to ensure the permanence of these *Entandrophragma* species.

**Keywords:** *Entandrophragma*, forestry, logging, wood, economy, dense humid forest, sustainable management, reforestation, Africa.

## RESUMEN

**Retos y mejoras para la gestión de las especies del género *Entandrophragma*, árboles africanos que han pasado a ser vulnerables**

Por la calidad de su madera y sus numerosos usos tradicionales, las especies del género *Entandrophragma* son objeto de una intensa explotación, que puede comprometer su durabilidad sin una gestión sostenible. Este estudio describe la situación de las cinco especies comerciales principales de este género: *Entandrophragma angolense*, *E. congoense* (a menudo asimilada por error a *E. angolense*), *E. candollei*, *E. cylindricum* y *E. utile*. Y propone líneas de investigación para mejorar las estrategias de gestión sostenible aplicadas a este género. El estudio se basa principalmente en los datos científicos (publicaciones), económicos (estadísticas de producción y de exportación) y jurídicos (leyes y reglamentaciones), pero también en la ordenación forestal y los informes de los inventarios. Los conocimientos sobre la gestión de estas especies todavía son parciales, mientras que se consideran vulnerables en la lista roja de la UICN. La fuerte explotación industrial y artesanal de estas especies no se realiza siempre respetando un plan de ordenación validado, ni la duración mínima de las rotaciones que permitirían una tasa de repoblación que perpetuase este recurso. Su gestión sostenible exige principalmente el desarrollo y el respeto de medidas de ordenación para que la explotación sea renovable a largo plazo. Esta explotación debe basarse en una gestión adecuada de las poblaciones naturales y en la repoblación, así como en las medidas de conservación. Las investigaciones que se desarrollen deben tener en consideración la velocidad de crecimiento ante las evoluciones climáticas, la evaluación de los stocks (producción, biomasa, carbono), la actualización de la distribución espacial, la mejora de la regeneración natural, los procesos de reproducción, las propiedades anatómicas y tecnológicas, todas ellas pistas pertinentes para garantizar la perpetuidad de las especies explotables del género *Entandrophragma*.

**Palabras clave:** *Entandrophragma*, ordenación forestal, explotación forestal, leña, economía, bosque denso húmedo, gestión sostenible, repoblación, África.



## Introduction

L'extraction du bois est une des causes directes de la déforestation tropicale (Geist *et al.*, 2002 ; Gillet *et al.*, 2016). Cependant, Karsenty et Ongolo (2012) notent que, hormis des cas d'exploitations très intensives du bois en Asie du Sud-Est et en Amérique latine, l'exploitation forestière sous les tropiques humides est généralement sélective et il est rare qu'elle conduise directement à un abattage et à des dégâts tels que l'on puisse parler de déforestation. Dans le bassin du Congo, Doucet et Kouadio (2007) précisent que le marché du bois est aussi très sélectif et qu'en conséquence l'exploitation est limitée aux plus grands et plus beaux arbres de quelques espèces de forte valeur marchande. Dans ce cadre, l'exploitation de tiges de qualité supérieure d'un nombre réduit d'espèces peut conduire à un écrémage génétique de ces espèces (Nanson, 2004). Ce risque d'érosion génétique concerne de nombreuses espèces d'arbres africains d'intérêt économique, dont celles du genre *Entandrophragma*.

Le genre *Entandrophragma* C. DC. comprend, selon les sources, de dix à douze espèces d'arbres distribuées exclusivement en Afrique tropicale (Kasongo Yakusu *et al.*, 2018). Au sein de la famille des Meliaceae, ce genre est le plus riche en espèces précieuses exploitées comme bois d'œuvre (Tailfer, 1989 ; Kasongo Yakusu *et al.*, 2018). Cette exploitation opère à des fins industrielles depuis des décennies (Lebacqz et Istas, 1950), en raison de l'excellente qualité de leur bois convenant à divers usages, notamment en ébénisterie. Lescuyer *et al.* (2012) montrent que ces espèces font aussi l'objet d'une exploitation artisanale. La qualité technologique du bois, et donc sa valeur commerciale, varie d'une espèce à l'autre. Les populations de *Entandrophragma* des forêts denses humides relèvent de *E. angolense* (Welw.) C. DC. (nom commercial : tiama blanc), *E. candollei* Harms (kosipo), *E. congoense* (Pierre ex De Wild.) A. Chev. (tiama noir), *E. cylindricum* (Dawe & Sprague) Sprague (sapelli) et *E. utile* (Dawe & Sprague) Sprague (sipo). Elles s'étendent en une large bande au nord et au sud de l'équateur, depuis le littoral atlantique jusqu'au versant occidental de la dorsale du Kivu à l'est, en passant par le bassin du Congo (White, 1986 ; Kasongo Yakusu *et al.*, 2018). Ces espèces fournissent des bois parmi les plus précieux (Hall, 2008 ; IITO, 2017). En République centrafricaine (RCA), elles représentent plus de 70 % du volume total de bois exporté (Hall, 2008). Elles ont été abondamment exploitées en Afrique de l'Ouest. La Côte d'Ivoire a exporté plus de 3,7 millions de m<sup>3</sup> de grumes de *Entandrophragma* et plus de 400 000 m<sup>3</sup> de sciages entre 1970 et 1974<sup>1</sup>. L'exploitation de ces espèces s'est donc tarie en Afrique de l'Ouest mais s'est progressivement déplacée vers l'Afrique centrale (Bayol *et al.*, 2012).

Ces cinq principales espèces de *Entandrophragma* exploitées croissent dans les forêts denses humides sempervirentes et semi-décidues (Meunier *et al.*, 2015 ; Kasongo Yakusu *et al.*, 2018) où elles ont fait l'objet de prélèvements d'une importance telle que les régénérations naturelles n'ont pu permettre de reconstituer les populations dans leurs

états initiaux. Ce d'autant plus que cette régénération naturelle est parfois déficiente (Lemmens, 2008). Cela engendre de sérieuses inquiétudes quant aux risques conservatoires qui pèsent sur ces espèces inscrites comme *vulnérables* sur la liste rouge de l'UICN (UICN, 2012). L'inscription à cette catégorie n'a pas pour but d'interdire leur exploitation, mais plutôt d'attirer l'attention des gestionnaires forestiers (État et exploitants forestiers) sur la nécessité de mettre en place les conditions d'une gestion durable des ressources forestières et, plus particulièrement, de ces espèces. Le statut de conservation des espèces du genre *Entandrophragma* sera certainement appelé à évoluer en fonction des conditions de leur exploitation, de leur régénération et de la dynamique de leurs populations. Il convient donc de dresser un état de ces espèces en intégrant leur importance économique, ainsi que les législations et les réglementations en vigueur en matière de gestion de la ressource. Il s'agit de collecter des informations pertinentes sur leur dynamique de croissance, leurs exigences environnementales, leurs valeurs économiques basées sur les propriétés anatomiques et technologiques de leurs bois, et leur importance sociale.

La présente revue de la littérature rassemble et analyse les connaissances publiées sur les espèces de *Entandrophragma* les plus exploitées en Afrique (sapelli, sipo, kosipo, tiamas blanc et noir) en vue de :

- caractériser leur croissance et la qualité de leur bois ;
- évaluer l'importance de leur exploitation ;
- décrire leur situation économique, industrielle et commerciale ;
- analyser l'impact des mesures légales et réglementaires en matière d'aménagement et de gestion ;
- discuter de la pertinence de leur statut de conservation au regard des pressions anthropiques sur leurs populations ;
- dégager des thématiques de recherche visant une bonne gestion de leurs populations à même de pérenniser leur exploitation.



**Photo 2.**

Sciages de bois de *Entandrophragma cylindricum* prêts pour être exportés.  
 Photo N. Bourland.

<sup>1</sup> Source : Revue *Bois et Forêts des Tropiques*, rubrique « Commerce des bois tropicaux ».

## Dynamique de croissance

### Analyses de cernes et rythme de croissance

#### Analyses de cernes

Les cernes de croissance distincts sont marqués par un changement structurel soudain aux limites entre eux, comprenant généralement un changement d'épaisseur de paroi de la fibre et/ou de diamètre radial de la fibre, alors que les cernes de croissance indistincts ou absents sont vagues et marqués par des modifications structurelles plus ou moins progressives à leurs limites, elles-mêmes mal définies ou non visibles (IAWA, 1989). L'analyse de cernes permet de mesurer le rythme passé de croissance d'un arbre



**Photo 3.**

Mise en paille et inscription des données d'une carotte extraite d'une tige de *Entandrophragma* sp. dans la zone tampon de la Réserve de biosphère de Yangambi.  
Photo M. Devriendt.

et ses variations face aux évolutions climatiques par l'analyse de la relation largeur des cernes / pluviométrie. Elle permet aussi d'estimer son âge. La présence et la lisibilité des cernes permettent l'analyse dendrochronologique, à la condition que chaque cerne puisse être associé à une année donnée et mesuré avec précision (Fétéké *et al.*, 2016). Les premières observations faites sur des espèces du genre *Entandrophragma*, notamment *E. cylindricum* et *E. utile*, présentent des cernes limités par une fine ligne continue et susceptibles d'être annuels (Détienne et Mariaux, 1977 ; Poorter *et al.*, 2004). Cependant, Lemmens (2008) note que les limites des cernes de *E. angolense*, *E. cylindricum* et *E. utile* sont parfois indistinctes voire absentes et que celles de *E. candollei* sont indistinctes ou absentes. Même si la lecture des cernes chez les espèces du genre *Entandrophragma* peut s'avérer difficile, elle permettrait d'approfondir les connaissances sur leur vitesse de croissance diamétrique, au moins pour certaines d'entre elles.

Par ailleurs, l'étude des isotopes stables de l'oxygène ( $\delta^{18}O$ ) dans les cernes de croissance des arbres tropicaux est un outil prometteur pour les reconstructions climatiques à haute résolution, selon une temporalité annuelle. En raison des cernes de croissance facilement mesurables et datables dans *E. utile*, de la présence d'un signal  $\delta^{18}O$  commun fort et de sa relation avec les précipitations régionales, Van der Sleen *et al.* (2015) présentent l'analyse  $\delta^{18}O$  de ces cernes comme un outil prometteur pour une reconstitution de la variabilité climatique manifestée au cours des derniers siècles en Afrique. Cette nouvelle recherche appliquée à d'autres espèces commerciales de *Entandrophragma* permettrait des reconstructions climatiques à partir de cernes de croissance distincts.

#### Rythme de croissance

Selon Couralet *et al.* (2010), le rythme de croissance des arbres, donc la formation des cernes de croissance, dépend principalement des variations climatiques. Les saisons optimales pour la croissance en diamètre et la formation des cernes des *Entandrophragma* en Côte d'Ivoire, au Cameroun et en RCA sont les deux saisons pluvieuses. Un bref arrêt de croissance en diamètre chez certaines tiges est observé au cours de la petite saison sèche de juillet-août alors que la grande saison sèche correspond à une période de croissance ralentie ou nulle (Détienne et Mariaux, 1977 ; Fétéké *et al.*, 2016). D'une manière générale, la reprise de l'activité de croissance chez les *Entandrophragma* a lieu pendant le premier mois pluvieux et n'est pas modifiée par des variations du régime des pluies au cours de la saison végétative d'avril à novembre (Détienne et Mariaux, 1977).

#### Mesure des accroissements diamétriques

En Afrique centrale et occidentale, les règles de gestion des essences commerciales reposent sur le taux de reconstitution du nombre et du volume sur pied des espèces exploitées (Durrieu de Madron et Forni, 1997). Le calcul du



**Tableau I.**

Accroissement diamétrique annuel moyen des espèces de *Entandrophragma*. Cam : Cameroun ;  
RCA : République centrafricaine ; CI : Côte d'Ivoire ; RC : République du Congo.

Espèces	Méthode utilisée					
	Analyse de cernes (mm/an)			Owona Ndongo <i>et al.</i> , 2009 Cam	Mesure de circonférence (mm/an)	
	Détienne <i>et al.</i> , 1998				Détienne <i>et al.</i> , 1998 Ghana	Gillet <i>et al.</i> , 2008 RC
	Cam et CI	RCA (FAC 192)	RCA (Sangha M'Baéré)			
<i>Entandrophragma angolense</i>	5,8	4,6	4,9	-	4-5	4
<i>Entandrophragma candollei</i>	5,8	5,1	4,6	4,4	4-5	6
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	3,4	4,8	3,9-4,7	3	4-5	8
<i>Entandrophragma utile</i>	3,7	5,8	6,5	-	4-5	8,5

- : pas d'information.

taux de reconstitution se base notamment sur la vitesse de croissance diamétrique (Fétéké *et al.*, 2016). Des analyses de cernes et des mesures de diamètres répétées dans le temps (tableau I) ont été réalisées au Cameroun, en Côte d'Ivoire, au Ghana, en RCA et en République du Congo (Congo) pour étudier la croissance de certaines espèces commerciales de *Entandrophragma* (Détienne et Mariaux, 1977 ; Adler, 1989 ; Détienne *et al.*, 1998 ; Durrieu de Madron *et al.*, 2000 ; Gillet *et al.*, 2008 ; Owona Ndongo *et al.*, 2009 ; Fétéké *et al.*, 2015, 2016). Les accroissements observés avec ces deux méthodes sont comparables. Pour une essence donnée, ils donnent des fourchettes assez précises de vitesses de croissance en diamètre et permettent de calculer le taux de reconstitution entre deux rotations. Pour affiner les connaissances sur leur croissance en diamètre, il serait souhaitable d'approfondir les recherches sur la base d'effectifs plus importants répartis sur l'ensemble de l'aire de répartition des *Entandrophragma* (Durrieu de Madron *et al.*, 2000). Comme la vitesse de croissance dépend aussi fortement de la hiérarchie sociale d'un arbre par rapport aux tiges avoisinantes (Gillet *et al.*, 2008), il s'agirait de mesurer la croissance diamétrique de l'arbre en fonction de son statut social (dominé, co-dominant et dominant). D'après Durrieu de Madron *et al.* (2000), la croissance diamétrique annuelle moyenne de *E. cylindricum* varie de 2,8 à 7,7 mm/an mais Gillet *et al.* (2008) ont montré qu'une partie de cette variabilité s'explique par le statut social de l'arbre. Ainsi, ces auteurs ont déterminé que la croissance moyenne en diamètre d'un arbre dominé était de 5 mm/an, de 8 mm/an pour un co-dominant et de 11 mm/an pour un dominant. Cependant, la vitesse de croissance dépend aussi d'autres facteurs tels que la qualité du sol, la variabilité interannuelle du climat, notamment de la pluviométrie, ainsi que de l'intensité et de l'ancienneté de l'exploitation forestière qui modifient notamment la concurrence entre arbres. L'ensemble de ces facteurs fait que l'accroissement d'un sapelli, ainsi que celui des autres espèces de *Entandrophragma*, peut varier du simple au double selon les années (Fétéké *et al.*, 2016).

## Propriétés anatomiques et technologiques

La provenance et les conditions de croissance de l'arbre influent sur les propriétés physiques et mécaniques du bois (Guibal *et al.*, 2015). L'anatomie appliquée permet de comprendre les propriétés du matériau bois et d'expliquer les variations de qualité des bois et des produits transformés (Louppe, 2015). Gérard (1999) recommande donc que ces propriétés, qui permettent de qualifier un bois en fonction de l'usage auquel il est destiné, soient étudiées et analysées systématiquement pour optimiser l'utilisation des essences africaines et répondre de façon pertinente à la demande des industriels et des simples usagers. L'anatomie, par l'identification des grumes et des bois transformés, permet le contrôle du commerce, notamment illégal, des bois. En cela, elle peut contribuer à la gestion durable de certaines espèces d'arbres dont l'exploitation excessive et le commerce peuvent conduire à la disparition de leur habitat et même à leur extinction (Louppe, 2015). Ces connaissances sont nécessaires pour justifier des actions prioritaires de gestion durable, telles l'orientation vers la sylviculture et l'intégration dans des programmes de reboisement des espèces menacées par une forte exploitation, en l'occurrence des espèces du genre *Entandrophragma*.

### Propriétés anatomiques

Les descriptions anatomiques du bois de *Entandrophragma* selon les normes IAWA ont été réalisées par plusieurs auteurs dans le cadre de PROTA (Louppe *et al.*, 2008). Ces descriptions ont été intégrées au site *InsideWood* (<http://insidewood.lib.ncsu.edu>). Les caractères anatomiques du bois de ces espèces diffèrent peu, à l'exception de quelques caractères anatomiques distinctifs (Brazier et Franklin, 1961 ; Lemmens, 2008 ; tableau II). La clé d'identification

**Tableau II.**

Caractères anatomiques distinctifs du bois d'espèces de *Entandrophragma* (adapté d'après Banak *et al.*, 2008). Caractère anatomique : totalement distinctif (il est unique à l'espèce concernée) ; moyennement distinctif (il est aussi observé chez une autre espèce que l'espèce concernée) ; faiblement distinctif (il est aussi observé chez deux autres espèces que l'espèce concernée).

Espèce	Caractères anatomiques		
	Totalement distinctifs	Moyennement distinctifs	Faiblement distinctifs
<i>Entandrophragma angolense</i>	12 : contour des vaisseaux isolés anguleux ; 107 : rayons composés de cellules couchées avec 2 à 4 rangées terminales de cellules dressées et/ou carrées.	94 : plus de huit cellules de parenchyme axial par file verticale.	1 : limites de cernes distinctes (1) ; 98 : rayons couramment 4-10-sériés ; 115 : 4-12 rayons par mm ; 136 : présence de cristaux prismatiques ; 141 : cristaux prismatiques dans les cellules non cloisonnées du parenchyme axial ; 142 : cristaux prismatiques dans les cellules cloisonnées du parenchyme axial.
<i>Entandrophragma candollei</i>	43 : diamètre tangentiel moyen du lumen des vaisseaux $\geq 200 \mu\text{m}$ ; 84 : parenchyme axial paratrachéal unilatéral ; 159 : présence de corpuscules siliceux ; 160 : corpuscules siliceux dans les cellules des rayons ; 161 : corpuscules siliceux dans les cellules du parenchyme axial.	46 : $\leq 5$ vaisseaux par millimètre carré (1) ; 94 : plus de huit cellules de parenchyme axial par file verticale.	82 : parenchyme axial aliforme ; 85 : parenchyme axial en bandes larges de plus de trois cellules ; 86 : parenchyme axial en lignes minces, au maximum larges de trois cellules ; 98 : rayons couramment 4-10-sériés ; 115 : 4-12 rayons par mm.
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	25 : ponctuations intervasculaires fines (4-7 $\mu\text{m}$ ) ; 81 : parenchyme axial en losange.	97 : rayons 1-3-sériés (larges de 1-3 cellules) ; 104 : rayons composés uniquement de cellules couchées ; 118 : tous les rayons étagés ; 131 : canaux intercellulaires d'origine traumatique ; 137 : cristaux prismatiques dans les cellules dressées et/ou carrées des rayons.	1 : limites de cernes distinctes ; 82 : parenchyme axial aliforme ; 85 : parenchyme axial en bandes larges de plus de trois cellules ; 86 : parenchyme axial en lignes minces, au maximum larges de trois cellules ; 98 : rayons couramment 4-10-sériés ; 115 : 4-12 rayons par mm ; 136 : présence de cristaux prismatiques ; 141 : cristaux prismatiques dans les cellules non cloisonnées du parenchyme axial ; 142 : cristaux prismatiques dans les cellules cloisonnées du parenchyme axial.
<i>Entandrophragma utile</i>		46 : $\leq 5$ vaisseaux par millimètre carré (1) ; 97 : rayons 1-3-sériés (larges de 1-3 cellules) ; 104 : rayons composés uniquement de cellules couchées ; 118 : tous les rayons étagés ; 131 : canaux intercellulaires d'origine traumatique ; 137 : cristaux prismatiques dans les cellules dressées et/ou carrées des rayons.	1 : limites de cernes distinctes ; 82 : parenchyme axial aliforme ; 85 : parenchyme axial en bandes larges de plus de trois cellules ; 86 : parenchyme axial en lignes minces, au maximum larges de trois cellules ; 136 : présence de cristaux prismatiques ; 141 : cristaux prismatiques dans les cellules non cloisonnées du parenchyme axial ; 142 : cristaux prismatiques dans les cellules cloisonnées du parenchyme axial.

anatomique des quatre principales espèces de *Entandrophragma* proposée par Brazier et Franklin (1961) a été établie à partir du faible nombre de spécimens (quatre à sept par espèce). Elle a donc été complétée (tableau II) grâce aux descriptions anatomiques réalisées par Lemmens (2008). Cinq caractères permettent de différencier totalement *E. candollei* (43, 84, 159, 160 et 161<sup>2</sup>) ; deux permettent de distinguer *E. angolense* (12 et 107) et *E. cylindricum* (25 et 81). Cinq caractères anatomiques moyennement distinctifs (97, 104, 118, 131 et 137) rapprochent *E. cylindricum* et *E. utile*, espèces que deux caractères anatomiques séparent (25 et 81) ; le caractère peu distinctif (98) s'observe chez

*E. cylindricum*, et le (46) chez *E. utile*. En outre, le bois de *E. cylindricum* a souvent une plus jolie couleur et est plus joliment figuré (Kémeuzé, 2008 ; Lemmens, 2008). Les bois de *E. candollei* et *E. angolense* ont en commun un caractère anatomique moyennement distinctif (94). *E. candollei* se différencie des trois autres espèces par la présence de silice dans les rayons, le parenchyme axial et les fibres (159, 160 et 161).

L'anatomie du bois de ces espèces devrait être approfondie pour mieux distinguer les limites des cernes de croissance via l'analyse du diamètre des vaisseaux. La mesure de la largeur des cernes de la moelle à l'écorce à différentes hauteurs du tronc permettra ainsi d'améliorer les connaissances sur la croissance en diamètre et en hauteur des *Entandrophragma* (Beeckman, 2016).

<sup>2</sup> Les chiffres repris ici correspondent aux numéros des traits anatomiques, normalisés par l'Association internationale des anatomistes du bois (IAWA ; Wheeler *et al.* 1989) et repris au tableau II.

**Tableau III.**Les principales caractéristiques physiques et mécaniques des espèces de *Entandrophragma* exploitées.

Caractéristiques	<i>Entandrophragma angolense</i>	<i>Entandrophragma candollei</i>	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	<i>Entandrophragma utile</i>
<b>1. Physiques</b>				
Masse volumique à l'état vert (kg/m <sup>3</sup> )	850-950	850-950	850-950	800-900
Masse volumique à l'état sec* (kg/m <sup>3</sup> )	500-735	570-810	560-780	550-680
Dureté Monnin*	2,4	3,2	4,2	3
Point de saturation des fibres (%)	33	32	29	30
Retrait volumique total (%)	12	13,1	13,1	12,4
Retrait tangentiel total (%)	5,8 - 9,6	5,7-7,6	4,3-9,8	6,4
Retrait radial/axial total (%)	3,8-6,6	4,4-5,1	3,5-7,6	4,6
Stabilité aux variations d'humidité de l'air	Moyenne	Faible	Faible à moyenne	Faible à moyenne
Stabilité en moyenne	Moyennement stable à stable	Stable	Moyennement stable	Moyennement stable à stable
<b>2. Mécaniques</b>				
Contrainte de rupture en compression parallèle* (N/mm <sup>2</sup> )	37-67	47-53	40-75	45-72
Contrainte de rupture en flexion statique* (N/mm <sup>2</sup> )	92-127	97-122	114-142	101-114
Module d'élasticité longitudinal/ en flexion* (N/mm <sup>2</sup> )	7 900-14 700	7 940-11 800	11 200-11 300	8 830-13 830
Sources	Cirad, 2015 ; Dahms, 1999 ; Tchinda, 2008 ; Gérard <i>et al.</i> , 1998 ; ATIBT, 1986	Cirad, 2015 ; Nyunaï, 2008 ; Dahms, 1999 ; Gérard <i>et al.</i> , 1998 ; ATIBT, 1986	Cirad, 2015 ; Kémeuzé, 2008 ; Dahms, 1999 ; Gérard <i>et al.</i> , 1998 ; ATIBT, 1986	Cirad, 2015 ; Dahms, 1999 ; Kémeuzé, 2008 ; Gérard <i>et al.</i> , 1998 ; ATIBT, 1986

\* À 12 % d'humidité.

## Valeur socio-économique

### Propriétés technologiques

Les propriétés du bois des principales espèces de *Entandrophragma* exploitées sont bien documentées (ATIBT, 1986 ; Gérard *et al.*, 1998 ; Dahms, 1999 ; Kémeuzé, 2008 ; Nyunaï, 2008 ; Tchinda, 2008 ; Cirad, 2015 ; Gérard *et al.*, 2016). Elles apparaissent très variables d'une espèce à l'autre comme au sein d'une espèce donnée. Les principales caractéristiques physiques et mécaniques (masse volumique à l'état sec, dureté et stabilité) des quatre espèces commerciales de *Entandrophragma* sont résumées au tableau III. Celles-ci prédisposent ces espèces à l'industrie du bois, d'autant que leur bois de cœur mis en œuvre hors milieu humide est également connu pour résister aux attaques de champignons, d'insectes de bois sec et de termites (Staner *et al.*, 1958 ; Gérard et Gilbert, 2016).

### Valeur économique

Les espèces de *Entandrophragma* tout comme celles de *Swietenia* Jacq. et *Khaya* A. Juss. sont reprises sous l'appellation anglo-saxonne *mahogany* ou acajou, regroupant les meilleurs bois d'ébénisterie dans le monde (White et Gasson, 2008). Les acajous d'Afrique regroupent les genres *Khaya* et *Entandrophragma* qui sont parmi les espèces forestières les plus précieuses et ont fait l'objet d'un commerce important, au point de représenter par exemple plus de 70 % du volume total exporté de RCA (Hall, 2008). *Entandrophragma* est le seul genre dont cinq espèces sont exploitées en forêts denses humides africaines (Staner et Gilbert, 1958 ; Bayol *et al.*, 2012). Pour comprendre l'importance économique de ces espèces et les menaces qui pèsent sur leur futur, il serait judicieux de retracer l'évolution des

collectes dans leur aire de répartition depuis les années 1960, pays par pays, afin de suivre la migration des zones d'exploitation au cours du temps.

### Aire de distribution

Six espèces de *Entandrophragma* ont de très larges distributions guinéo-congolaises : *E. angolense*, *E. candollei*, *E. congoense*, *E. cylindricum*, *E. palustre* et *E. utile* (Kasongo Yakusu *et al.*, 2018). À l'exception de *E. palustre* qui se cantonne aux forêts marécageuses, essentiellement en RDC et au Congo (Lemmens, 2008), les cinq autres espèces croissent dans les forêts denses humides sempervirentes et semi-décidues (Meunier *et al.*, 2015 ; Kasongo Yakusu *et al.*, 2018). La figure 1 présente la répartition géographique de ces espèces, adaptée d'après la base de données Rainbio (Dauby *et al.*, 2016). Les espèces *E. cylindricum* et *E. angolense* présentent la distribution la plus étendue et sont plus abondantes localement que *E. candollei* et *E. utile* (Doumenge *et al.*, 2010 ; Kasongo Yakusu *et al.*, 2018).

### Concentration de la production en Afrique occidentale

Les statistiques, à partir des années 1960, de la production du bois en grumes ou d'exportation par type de produit (grumes, sciages, placages déroulés et contreplaqués) et par espèce de *Entandrophragma* sont rarement disponibles et accessibles. De plus, elles ne sont pas régulières, ni continues de manière chronologique. Les données publiées dans la revue *Bois et Forêts des Tropiques* à la rubrique « Commerce des bois tropicaux » entre 1963 et 1974 permettent de retracer l'évolution des exportations de grumes de *Entandrophragma* de 1963 à 1973 pour la Côte d'Ivoire, le Cameroun et le Gabon. Les statistiques de l'ATIBT, fragmentaires, permettent de compléter les chiffres pour le Gabon sur la période 1998-2003. Pendant la période 1963-1973, d'importantes quantités de grumes de *Entandrophragma* ont été exportées : la Côte d'Ivoire a exporté  $\pm 6$  millions de m<sup>3</sup> de sipo,  $\pm 1,5$  million de m<sup>3</sup> de

sapelli et  $\pm 1,5$  million de m<sup>3</sup> de tiama blanc ; le Cameroun,  $\pm 350\,000$  m<sup>3</sup> de sapelli,  $\pm 150\,000$  m<sup>3</sup> de sipo et  $\pm 40\,000$  m<sup>3</sup> de kosipo ; le Congo,  $\pm 200\,000$  m<sup>3</sup> de sipo,  $\pm 150\,000$  m<sup>3</sup> de sapelli et  $\pm 75\,000$  m<sup>3</sup> de tiama ; et le Gabon,  $\pm 25\,000$  m<sup>3</sup> de sipo,  $\pm 15\,000$  m<sup>3</sup> de tiama blanc et  $\pm 7\,000$  m<sup>3</sup> de sapelli. La figure 2 présente les évolutions annuelles de ces exportations. Pour la période 1996-2013, seules les statistiques du Gabon sont disponibles : ce pays a exporté  $\pm 200\,000$  m<sup>3</sup> de *Entandrophragma*.

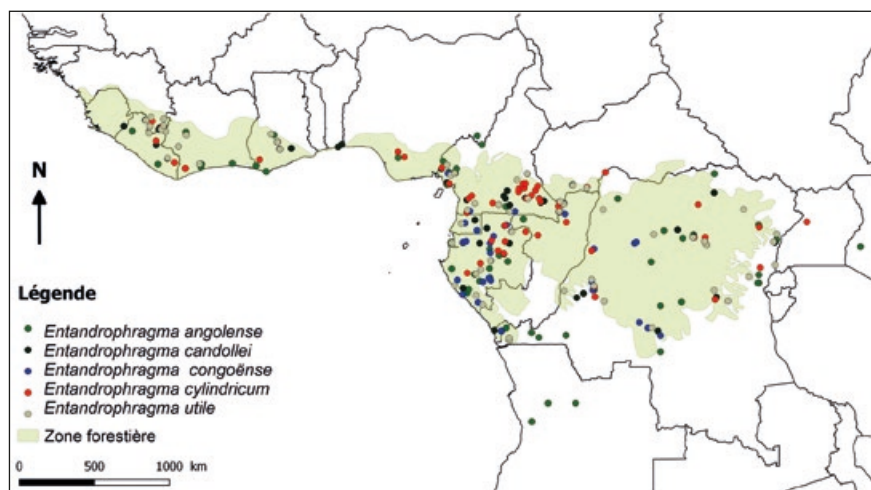
La Côte d'Ivoire est le pays qui a le plus exploité les espèces commerciales de *Entandrophragma*, avec 10 millions de mètres cubes de grumes exploités entre 1963 et 1973. Cette forte exploitation associée à l'extension des terres agricoles au détriment des forêts y a fortement réduit la ressource. Dès le milieu des années 1970, les exportations ont commencé à baisser (figure 2). Cet appauvrissement de la ressource s'est concrétisé dans les années 2000. Les statistiques d'entrées de grumes en usine ne font alors plus référence qu'au seul *E. angolense* avec 41 700 m<sup>3</sup> de grumes en 2004 et 10 400 m<sup>3</sup> en 2012 (Louppe et Ouattara, 2013), les autres espèces du genre n'étant plus exploitées qu'en faibles quantités.

### Afrique centrale, nouveau pool de production

Actuellement, l'exploitation de ces espèces s'est déplacée vers d'autres régions. Le tableau IV présente cette évolution entre 2005 et 2012, pendant laquelle la production contrôlée de grumes des *Entandrophragma* en Afrique centrale est la suivante :

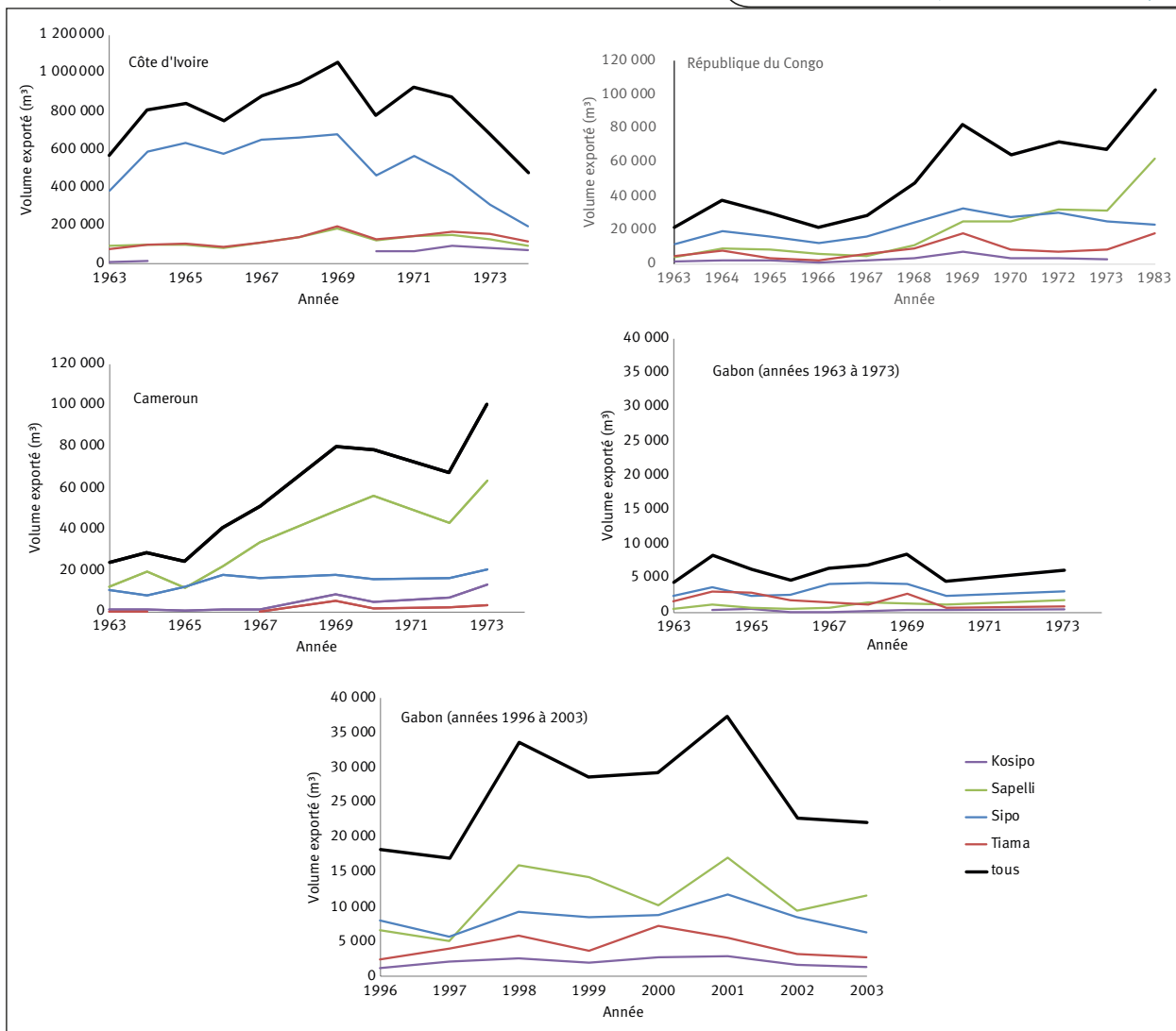
- sapelli : Congo  $\pm 3,5$  millions de m<sup>3</sup>, Cameroun  $\pm 3$  millions de m<sup>3</sup>, RCA  $\pm 2$  millions de m<sup>3</sup> et RDC  $\pm 500\,000$  m<sup>3</sup> ;
- sipo : Congo  $\pm 550\,000$  m<sup>3</sup>, RDC  $\pm 200\,000$  m<sup>3</sup> et RCA  $\pm 150\,000$  m<sup>3</sup> ;
- kosipo : Cameroun  $\pm 300\,000$  m<sup>3</sup>, RCA  $\pm 150\,000$  m<sup>3</sup>, Congo  $\pm 75\,000$  m<sup>3</sup> et RDC  $\pm 50\,000$  m<sup>3</sup> ; tiama blanc : RCA  $\pm 100\,000$  m<sup>3</sup> et RDC  $\pm 100\,000$  m<sup>3</sup>.

Au début des années 2010, le Congo et le Cameroun sont les principaux producteurs de bois de *Entandrophragma* (Bayol *et al.*, 2012). L'historique du commerce du sapelli illustre très bien l'ampleur de l'exploitation des espèces de ce genre. En Afrique de l'Ouest, l'exploitation a fortement réduit les populations de sapelli, si bien que son exploitation s'est déplacée vers l'Afrique centrale, principal pôle de production actuel (Eckebil *et al.*, 2017) où il s'agit de l'espèce d'acajou de loin la plus exploitée avec  $\pm 1,3$  million de m<sup>3</sup> en 2008 (Bayol *et al.*, 2012). En comparaison, l'exploitation du sipo et du kosipo est faible avec, en 2008,  $\pm 130\,000$  et  $\pm 100\,000$  m<sup>3</sup> respectivement (figure 3). En Afrique centrale, en 2008, seul l'okoumé (*Aucoumea klaineana*) était plus exploité que le sapelli. Les faibles volumes exploités de sipo s'expliquent par sa forte dissémination dans le massif forestier. Sa rareté a ainsi conduit certains aménagistes à l'exclure des principales essences à exploiter (Bayol *et al.*, 2012).



**Figure 1.**  
Répartition géographique des principales espèces commerciales du genre *Entandrophragma* (carte adaptée d'après la base de données « Rainbio » (Dauby *et al.*, 2016))





**Figure 2.** Évolution des exportations de bois des *Entandrophragma* en Côte d'Ivoire (de 1963 à 1973), au Cameroun (de 1963 à 1973), au Congo (de 1963 à 1973) et au Gabon (de 1963 à 1973 et de 1996 à 2003). Sources : avant 1973, revue *Bois et Forêts des Tropiques* ; après 1998, *La Lettre de l'ATIBT*.

## Valeur sociale

### Multiplicité des usages sociaux

Les *Entandrophragma* présentent des usages multiples bien connus des populations locales (tableau V). Celles-ci se servent des différentes parties de l'arbre pour satisfaire leurs besoins en aliments telles les chenilles, pour la construction, l'artisanat, la pharmacopée, l'économie de subsistance ou pour le transport fluvial avec la fabrication de pirogues. L'écorce de ces espèces est utilisée en pharmacopée contre plusieurs maladies. Les racines de *E. candollei* sont utilisées comme anti-venin contre les morsures de serpents. Les graines de *Entandrophragma*, notamment *E. angolense*, sont riches en huiles qui mériteraient des études détaillées sur leurs propriétés, notamment leur toxicité (Lemmens *et al.*, 2010). Compte tenu de leurs multiples usages médicinaux, il serait souhaitable d'approfondir les études pharmacologiques à partir des écorces et des racines ainsi que les études chimiques de façon à identifier les molécules actives.

### Analyse et gestion des conflits sociaux potentiels

Certains usages peuvent avoir des impacts positifs ou négatifs sur les peuplements de *Entandrophragma* et constituer des sources de conflits entre les communautés locales et les gestionnaires des concessions forestières. Par exemple, l'abattage des arbres limite les possibilités de collecte de chenilles. La récolte des chenilles comestibles de l'espèce *Imbrasia oyemensis*, inféodées aux grands sapellis, se déroule entre juillet et août (Palla *et al.*, 2002 ; Ekebil *et al.*, 2017). Il a été parfois observé que cette collecte à des fins alimentaires ou pour la pharmacopée a entraîné l'abattage d'arbres au lieu de favoriser leur conservation par les utilisateurs. Cette utilisation de produits forestiers non ligneux par les populations forestières s'oppose à l'exploitation industrielle (Vermeulen *et al.*, 2009) et crée de potentiels conflits entre exploitants et populations environnantes. Il faudrait envisager une gestion inclusive des forêts de production en Afrique centrale pour éviter ou réduire ce

**Tableau IV.**

Production de bois des *Entandrophragma* (volume abattu en m<sup>3</sup>) de 2005 à 2012 au Cameroun, en République du Congo, en République centrafricaine et en République démocratique du Congo (adaptée d'après de Wasseige *et al.*, 2014).

Date	Cameroun				République du Congo				République centrafricaine				République démocratique du Congo			
	Kosipo	Sapelli	Sipo	Tiama	Kosipo	Sapelli	Sipo	Tiama	Kosipo	Sapelli	Sipo	Tiama	Kosipo	Sapelli	Sipo	Tiama
2005	41 315	378 756	-	-	4 320	496 547	72 906	-	6 786	215 220	21 896	3 095	4 189	34 792	20 565	9 669
2006	45 367	377 142	-	-	12 177	316 098	75 971	-	17 174	335 604	28 909	14 399	-	65 465	31 773	11 992
2007	43 751	395 469	-	-	29 641	295 221	80 076	-	24 033	295 954	21 098	14 561	-	60 914	26 952	10 986
2008	46 151	408 068	30 901	-	13 269	343 652	35 749	-	3 0921	271 283	28 329	16 493	8 303	56 542	30 537	15 716
2009	35 267	264 771	-	-	-	412 406	128 530	-	12 548	188 206	17 359	5 176	12 768	62 079	39 356	17 312
2010	-	343 797	-	-	-	540 563	53 641	-	16 798	185 619	-	5 931	-	68 561	15 964	10 416
2011	-	365 446	-	-	-	546 440	49 035	-	22 050	215 616	13 937	17 623	-	79 811	15 902	5 714
2012	43 717	375 729	-	-	-	449 456	52 379	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	255 568	2 099 178	30 901	-	59 407	3 400 383	548 287	-	130 310	1 707 502	131 528	77 278	2 726	428 164	181 049	81 805

- : pas d'information.

genre de conflits (Karsenty et Vermeulen, 2016). Ce modèle de gestion est observé par exemple au nord du Congo où les sociétés forestières certifiées FSC (Forest Stewardship Council) marquent les sapellis à chenilles avec les populations locales pour éviter leur abattage. En complément de l'efficacité de cette approche participative, la compagnie CFT (Compagnie forestière de transformation) (2015) préconise qu'une analyse des conflits d'usage potentiels soit entreprise village par village, au moment de la préparation des plans annuels d'exploitation, afin que des mesures de réduction de l'impact social soient prises, notamment en protégeant les arbres importants pour les populations locales. Tieguhong *et al.* (2017) renchérissent sur la nécessité de disposer d'informations sur la disponibilité et l'accessibilité des espèces d'arbres à usages multiples, pour

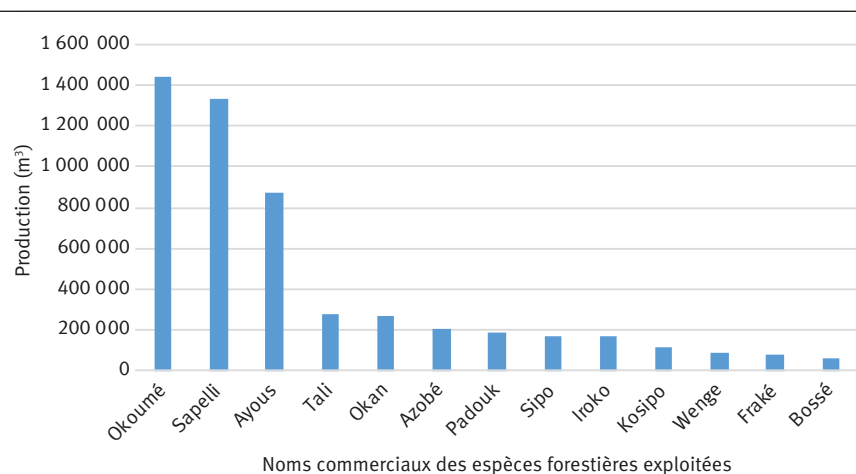
négoier un mode de gestion qui satisfasse à la fois les concessionnaires et les communautés locales. Ainsi, certaines populations de sapelli ou d'autres espèces de *Entandrophragma* de grande valeur commerciale présentes dans les terroirs villageois seraient à classer en zone de Haute Valeur de Conservation de type 5 s'agissant de « zones forestières fournissant aux communautés locales des ressources nécessaires à la satisfaction de leurs besoins élémentaires » (Daïnou *et al.*, 2016).

## Gestion des populations de *Entandrophragma*

### Statut de conservation

#### Bref aperçu sur l'approche de classification

Les quatre principales espèces de *Entandrophragma* (le tiama noir étant assimilé au tiama blanc bien que les deux espèces soient morphologiquement et génétiquement distinctes ; Monthe *et al.*, 2018) sont classées comme *vulnérables* sur la liste rouge de l'UICN (UICN, 2012). Aucune n'est cependant inscrite à l'annexe I de la CITES qui « comprend toutes les espèces menacées d'extinction » (CITES, 1983) ou à l'annexe II qui « comprend toutes les espèces qui pourraient être menacées d'extinction si le commerce des spécimens de ces espèces n'était pas soumis à une réglementation stricte » (CITES, 1983). Un taxon est dit vulnérable lorsque les meilleures données disponibles (Sépulchre *et al.*, 2008) indiquent qu'il répond, à des degrés bien précis, à l'un des cinq critères suivants : réduction de la population, répartition géographique (zone d'occurrence et zone d'occupation) fragmentée ou en déclin, population de petite taille et en



**Figure 3.**

Production évaluée par essence en 2008 dans le bassin du Congo (m<sup>3</sup>) (Bayol *et al.*, 2012). Okoumé : *Aucoumea klaineana* ; sapelli : *Entandrophragma cylindricum* ; ayous : *Triplochiton scleroxylon* ; tali : *Erythrophleum* spp. ; okan : *Cylicodiscus gabunensis* ; azobé : *Lophira alata* ; padouk : *Pterocarpus soyauxii* ; sipo : *Entandrophragma utile* ; iroko : *Milicia excelsa* ; kosipo : *Entandrophragma candollei* ; wenge : *Millettia laurentii* ; fraké : *Terminalia superba* ; bossé : *Leplaea* spp.

**Tableau V.**  
Usages sociaux de quatre espèces de *Entandrophragma*.

Parties utilisées	<i>Entandrophragma angolense</i> (tiamia)	<i>Entandrophragma candollei</i> (kosipo)	Usages <i>Entandrophragma cylindricum</i> (sapelli)	<i>Entandrophragma utile</i> (sipo)
Arbres	Utilisé dans le système agroforestier comme arbre d'alignement et d'ombrage.		Utilisé dans le système agroforestier comme arbre d'alignement, d'ornement et d'ombrage. Hôte des chenilles comestibles.	
Bois	Cercueils, instruments de musique, jouets, sculpture, bois d'œuvre, bois de feu et charbon de bois.	Bois d'œuvre, jouets et bibelots.	Instruments de musique, sculptures, jouets, articles de fantaisie, fabrication de pirogues monoxyles, bois d'œuvre, bois de feu et charbon de bois.	Sculpture, fabrication des pirogues monoxyles, bois d'œuvre, bois de feu et charbon de bois.
Écorce	Sa décoction se boit pour traiter la fièvre et l'écorce s'emploie comme antalgique contre les maux d'estomac, les ulcères peptiques, le mal d'oreille, les douleurs rénales, rhumatismes ou arthritiques, l'ophtalmie, les œdèmes et les ulcères.	Fièvre jaune, paludisme, typhoïde. Utilisée comme antalgique.	Ses décoctions ou macérations sont utilisées contre la bronchite, les affections pulmonaires, les rhumes, les œdèmes le paludisme et comme antalgique. La pulpe contre les furoncles et les plaies. Ses extraits servaient jadis d'agent protecteur du maïs stocké.	Son jus traite les maux d'estomac et les douleurs aux reins, les rhumatismes, l'instillation oculaire, les inflammations, l'otite, les maux de tête, le paludisme et les ulcères gastro-duodénaux.
Feuilles	-	-	Comestibles et hôtes des chenilles du papillon <i>Imbrasia oyemensis</i> .	Hôte des chenilles comestibles.
Graines	Riche source d'huile (teneur lipidique d'environ 60 %).	-	Source d'huile (d'environ 45 % de teneur).	Source d'huile (d'environ 30-54 % de teneur) et d'huile essentielle.
Racine	-	L'écorce de racine s'applique sur les morsures de serpent.	-	-
Sources	Tchinda, 2008.	Dibong <i>et al.</i> , 2011 ; Nyunaï, 2008	Jagoret <i>et al.</i> , 2014 ; Mate <i>et al.</i> , 2013 ; Lisingo <i>et al.</i> , 2012 ; Dibong <i>et al.</i> , 2011 ; Kémeuzé, 2008	Mate <i>et al.</i> , 2013 ; Lisingo <i>et al.</i> , 2012 ; Mujuni, 2008 ; Onifade, 2006

- : pas d'information.

déclin (nombre d'individus matures), population très petite ou restreinte, probabilité d'extinction de plus de 50 % sur 10 ans ou trois générations. Cette méthodologie proposée par l'UICN a été en partie remise en question par Sépulchre *et al.* (2008) puisque certains critères, difficilement quantifiables, proviennent d'estimations portant sur des individus adultes au niveau global. L'élaboration de listes rouges régionales et/ou sous-régionales a été envisagée par l'UICN (Sépulchre *et al.*, 2008) ; elles permettraient une meilleure évaluation du risque pesant localement sur les espèces. Les *Entandrophragma* de Côte d'Ivoire pourraient de la sorte être classées en danger d'extinction par surexploitation et réduction drastique de leur habitat, suite aux changements d'affectation des terres.

### L'intensification de l'exploitation

L'exploitation intensive des *Entandrophragma* en Afrique centrale pourrait, tout comme en Afrique de l'Ouest, compromettre la pérennité de ces espèces. Cette situation varie d'une espèce à l'autre et d'une région à l'autre. En Afrique centrale, le sapelli était encore abondant en 2008 malgré une forte exploitation au nord du Congo, au sud-ouest de la RCA et en RDC. À cette époque, cette espèce ne présentait pas de signe de vulnérabilité marquée (Sépulchre *et al.*, 2008), mais comme elle fournit l'un des bois d'œuvre africains les plus importants commercialement, elle est toujours exploitée sans que des efforts suffisants soient assurés pour la pérenniser (Kémeuzé, 2008). Le risque est alors que se reproduise le scénario observé en Afrique de l'Ouest où les arbres exploitables ont pratiquement disparu,



au point que certains industriels de Côte d'Ivoire importent désormais du sapelli du Congo (Louppe et Ouattara, 2013). Par ailleurs, certains groupes industriels préfèrent transporter des produits bruts ou faiblement transformés d'Afrique centrale vers l'Afrique de l'Ouest où se trouvent des unités de transformation développées avec un personnel formé. En l'absence de mesures spécifiques de gestion concernant *E. utile*, Sépulchre *et al.* (2008) estiment que l'espèce est menacée, malgré une assez bonne structure des populations en vertu d'une régénération naturelle efficiente. L'intérêt commercial pour son bois d'œuvre a entraîné l'extraction des individus de grande taille les mieux conformés des forêts de Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Cameroun, RCA et Ouganda. Si bien qu'en Ouganda, par exemple, l'espèce est au bord de l'extinction (Mujuni, 2008). *E. angolense* risque également de subir dans un avenir proche une érosion

génétique. L'espèce est considérée comme menacée au Ghana et en Ouganda (Tchinda, 2008) et est proche de l'extinction au Kenya (Fischer *et al.*, 2010). *E. candollei*, dont le bois est un peu moins prisé, est néanmoins exploitée dans de nombreuses régions probablement sur des bases peu ou non durables (Nyunai, 2008). Les données présentées ci-avant datent de près d'une décennie. Depuis, du fait de nombreuses modifications d'habitat, de pressions croissantes sur ces espèces, de l'importance de l'exploitation artisanale très peu contrôlée, et en raison de l'application insuffisante de la réglementation et des mesures de gestion durable, la situation s'est probablement détériorée. Il est donc urgent de réévaluer, dans chacun des pays, la vulnérabilité de chacune des espèces de *Entandrophragma* afin de préconiser des mesures de gestion appropriées.

### Écrémage et gestion des populations d'arbres

En l'absence de plans d'aménagement, l'exploitation commerciale sélective a conduit à une surexploitation de certaines essences de valeur, notamment les bois rouges comme l'acajou, le sipo, le sapelli ou des bois plus clairs comme l'okoumé, ainsi qu'à une faible exploitation des nombreuses autres (Karsenty, 2004). Cette extraction sélective, couplée à la faiblesse de la régénération, aux faibles vitesses de croissance, à une maturité tardive des semenciers ainsi qu'à la médiocre dispersion des graines, entraîne une érosion génétique chez certaines espèces de *Entandrophragma* qui menace la qualité des populations, au moins dans certains pays (Lemmens *et al.*, 2010). Dans le cas précis de *E. cylindricum*, Lourmas *et al.* (2007) ont montré que la réduction du nombre de semenciers, suite à l'exploitation, entraîne davantage un déficit de régénération qu'un problème de diversité génétique. Ce déficit en tiges d'avenir compromet la pérennité de l'exploitation si aucune gestion spécifique n'est appliquée (Sépulchre *et al.*, 2008). Émettre des restrictions sur l'abattage, comme par exemple relever les diamètres minimums de coupe afin de conserver des semenciers et apporter une assistance à la régénération, compte parmi les mesures de remédiation préconisées (Owona Ndong, 2006 ; Lourmas *et al.*, 2007 ; Sépulchre *et al.*, 2008 ; Doucet *et al.*, 2016). Dans ce contexte, il conviendrait : de réaliser des études écologiques sur la régénération des *Entandrophragma* comparant des forêts exploitées récemment à des forêts non exploitées ou exploitées anciennement, afin de mieux comprendre les processus de reproduction ; de poursuivre les études de la phénologie de la floraison et de la fructification, ou de la dispersion du pollen et des graines, réalisées par Lourmas *et al.* (2007), puis Monthe *et al.* (2017) ; de préciser les conditions écologiques déterminant l'installation des plantules, leur survie et leur croissance ainsi que les risques biotiques et abiotiques qui pèsent sur elles.



**Photo 4.**

Tige de *Entandrophragma angolense* dans la Réserve de biosphère de Yangambi.

Photo M. Devriendt.



## Politique, législation et réglementation en matière de gestion durable

### Catégorisation et mise en œuvre de dispositifs de gestion durable

La déclinaison opérationnelle en dispositifs de gestion durable des forêts tropicales se concentre sur un nombre relativement restreint de catégories. En majorité, ces dispositifs visent soit à améliorer l'exploitation forestière tant industrielle qu'artisanale (aménagement forestier, exploitation à faible impact, certification forestière, reboisement), soit à valoriser le stockage de carbone (Mécanisme de développement propre – MDP/Forestier, REDD, etc.), soit enfin à accroître l'implication des populations locales dans la gestion et l'utilisation des forêts selon une gestion participative, une gestion communautaire, etc. (Leroy *et al.*, 2011). Actuellement, ces trois catégories tendent à se superposer. La mise en œuvre de ces outils ou instruments de régulation renforcerait la gestion durable des essences forestières. Quelques outils de gestion concernant l'amélioration de

l'aménagement forestier (modes d'exploitation forestière artisanale et industrielle) et l'accroissement des stocks de bois et de carbone (politique de reboisement) des *Entandrophragma* sont développés dans la section suivante.

### Mise en œuvre effective des plans d'aménagement forestier

#### Approche sectorielle élargie à la valorisation de stocks de bois et de carbone

En Afrique centrale, les études pour la mise en œuvre de plans d'aménagement forestier (PAF) se sont développées dans les années 1990 (Marien et Mallet, 2004). En théorie, les PAF évaluent les potentialités de la ressource, prennent en compte les compromis entre les aspects écologiques, économiques et sociaux, et proposent des solutions équilibrées (Cerutti *et al.*, 2017). En pratique, l'aménagement forestier doit assurer la conservation des ressources ainsi que le bien-être des populations, et la sylviculture doit fournir les solutions techniques (Dupuy, 1998). Par ailleurs, un PAF est aussi une opportunité pour réduire les émissions de carbone de la forêt tout en présentant aux entreprises forestières des compromis financiers acceptables (Cerutti *et al.*, 2017).

#### Une attention soutenue à quelques règles et actions spécifiques

Pour ne pas compromettre la régénération et favoriser la dynamique de la forêt exploitée, Fargeot *et al.* (2004) proposent que deux instruments ou outils de gestion soient privilégiés : la durée de la rotation, qui s'appuie notamment sur des considérations économiques et autoécologiques, et la détermination de diamètres minimums d'exploitabilité qui prennent en compte, au moins idéalement, les impératifs écologiques et techniques. En plus des techniques d'exploitation forestière à impact réduit, ces deux instruments de gestion sont à appliquer lors de la mise en œuvre effective des PAF. Selon Karsenty (2004), l'absence de règles de gestion peut poser un problème sérieux pour le renouvellement de la ressource dans les concessions non aménagées mais aussi, et sans doute surtout, dans les forêts faisant l'objet d'exploitations artisanales informelles. Ainsi, le renouvellement des espèces commerciales de *Entandrophragma* surexploitées devra passer par l'élaboration, la validation et la mise en œuvre des PAF et leur respect. L'aménagement forestier durable s'inscrit aussi dans l'optique de la certification d'une bonne gestion forestière (FSC, Programme africain de certification forestière, PAFC, etc.) ou des certifications du respect de la légalité (Origine et légalité des bois, OLB, *Timber Legality & Traceability Verification*, TLTV, *Verification of Legal Origin/Compliance*, VLO/VLC, etc.) (Karsenty et Ferron, 2017). Pour ce faire, Bayol *et al.* (2012) suggèrent le renforcement des capacités des institutions de contrôle forestier dans un État de droit renforcé par la stricte application des lois, là où les concessions forestières ne sont pas aménagées ou tardent à utiliser les outils de gestion évoqués précédemment.



**Photo 5.**  
Tige de *Entandrophragma utile* dans la Réserve  
de biosphère de Yangambi.  
Photo M. Devriendt.



## Révision des diamètres minimums d'exploitation

Les diamètres minimums d'exploitation (DME), seuil légal à partir duquel un arbre peut légalement être abattu, des espèces de *Entandrophragma* varient d'un pays à l'autre (tableau VI). La Côte d'Ivoire, où les espèces de *Entandrophragma* ont été surexploitées depuis les années 1960, avait fixé le DME au niveau le plus bas, c'est-à-dire 60 cm. À l'opposé, le Ghana a fixé le DME de toutes les espèces de *Entandrophragma* au niveau le plus élevé, soit 110 cm. Le Ghana, le Cameroun et le Liberia ont augmenté le DME du sapelli (respectivement à 110 cm, 100 cm et 90 cm) dans le but d'améliorer le taux de reconstitution de la ressource. Le DME du kosipo a été fixé à 80 cm par tous les pays exportateurs d'Afrique centrale.

Le diamètre de fructification régulière (DFR), seuil à partir duquel on assiste à une fructification efficace et régulière, est l'un des paramètres importants à prendre en compte pour assurer la durabilité de l'exploitation. La comparaison DFR-DME (tableau VI) permet d'évaluer le risque de raréfaction des arbres semenciers et la qualité de la régénération. Pour éviter une trop forte diminution du nombre des semenciers, il convient de veiller à ce que les DME soient nettement supérieurs aux diamètres de fructification régulière (Durrieu de

Madron *et al.*, 2004 ; Sépulchre *et al.*, 2008 ; Tchinda, 2008 ; Mujuni, 2008 ; Kémeuzé, 2008 ; Nyunaï, 2008 ; Daïnou et Doucet, 2010). Puisque la récolte future est fonction des effectifs des classes de diamètre inférieures aux DME, de l'accroissement, des dégâts d'exploitation et de la mortalité (Durrieu de Madron et Forni, 1997), il s'avère important de revoir la réglementation en matière de DME des *Entandrophragma* en officialisant l'augmentation des DME dans l'ensemble des pays producteurs africains. Fargeot *et al.* (2004) montrent qu'à durée égale de rotation une simple augmentation du DME oblige à conserver sur pied des arbres plus gros et permet d'augmenter la production ligneuse exploitable de la forêt. Cette obligation réglementaire devrait s'appliquer à tous les concessionnaires forestiers, y compris ceux qui ne disposent pas encore des PAF et qui ne devraient pas, par conséquent, être autorisés à exploiter. Dans le cadre d'une volonté d'aménagement durable, les États devraient annuler les contrats des concessionnaires toujours sans PAF après les trois années de la convention provisoire qui leur ont été accordées pour produire le PAF.

## Réglementation de l'exploitation artisanale et informelle

Dans le bassin du Congo, le marché intérieur du bois est en forte croissance en quantité, mais le faible pouvoir d'achat de la population et l'absence d'exigence des clients quant à la gestion des ressources font que ce marché s'oriente presque systématiquement vers une filière informelle ou illégale (Bayol *et al.*, 2014). Ainsi, la production de grumes du secteur informel peut même dépasser celle du secteur formel (Bayol *et al.*, 2012). Les études récentes réalisées au Cameroun, au Gabon, en RC, en RCA et en RDC par Lescuyer *et al.* (2012) attestent que le marché domestique du bois provenant du sciage artisanal, souvent informel, a atteint une production annuelle globale d'environ 1,25 million de m<sup>3</sup> de produits transformés, supérieure à celle du secteur industriel contrôlé. Elles montrent que les exploitants artisanaux considèrent les *Entandrophragma*, et quelques autres espèces – *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC., *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Pterocarpus soyauxii* Taub., *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg. – comme des bois nobles, et les ciblent spécifiquement (Tshipanga *et al.*, 2016). Pour sécuriser l'exploitation artisanale, accroître sa contribution à l'économie nationale et contrôler ses impacts environnementaux, Tiayon et Molnar (2012) recommandent un meilleur contrôle et une formalisation du secteur du sciage artisanal.

## Nécessité de renforcer la politique et les actions de reboisement

L'Afrique centrale a commencé à étudier les possibilités d'enrichissement du patrimoine forestier par plantation dès 1934 en créant des arboretums à Mbuku Nsitu, dans le massif du Mayombe (Congo), à Sibang, aux portes de Libreville (Gabon), et sur d'autres sites tels Mbalmayo (Cameroun) et Yangambi (RDC) (Marien et Mallet, 2004). Ont ensuite été mis en place des programmes étatiques de plantations d'enrichissement d'espèces à haute valeur commerciale (sipo,



**Photo 6.**  
Mesure de la circonférence au-dessus des empattements  
d'une tige de *Entandrophragma cylindricum*.  
Photo M. Devriendt.



**Tableau VI.**

Diamètre minimum de fructification (DMF), diamètre de fructification régulière (DFR) et diamètre minimum d'exploitation (DME) des essences de *Entandrophragma*. RC : République du Congo ; Cam : Cameroun ; RDC : République démocratique du Congo ; RCA : République centrafricaine ; CI : Côte d'Ivoire.  
 (Source: Kasongo Yakusu *et al.*, 2018.)

Essence	Nom scientifique	DMF (cm)	DFR (cm)	DME (cm)	Pays	Références
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	40	85	80	RCA	Yalibanda, 1999
				70	Ouganda	Plumptre, 1995
				110	Ghana	Nyunaï, 2008
				90	Libéria	
				60	CI	
				80	Gabon	
					RC	
					Cam	
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>		75	80	RCA	Durrieu de Madron et Daumeurie, 2004
			85		Ouganda	Plumptre, 1995
		35		80	RCA	Petrucchi <i>et al.</i> , 1995
		55		80	RCA	Yalibanda, 1999
		40	55	90	Gabon	Sépulchre <i>et al.</i> , 2008
				60	CI	Palla <i>et al.</i> , 2002
				110	Ghana	
				90	Libéria	
				80	RC	
				100	Cam	
				80	RDC	
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>		85	90	Gabon	Sépulchre <i>et al.</i> , 2008
				110	Ghana	Mujuni, 2008
				100	Cam	
				90	Libéria	
				60	CI	
				80	RC	
				80	RDC	
				80	RCA	
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	55		80	RCA	Petrucchi <i>et al.</i> , 1995
		50		80	RCA	Yalibanda, 1999
			85		Ouganda	Plumptre, 1995
				110	Ghana	Tchinda, 2008
				90	Libéria	
				60	CI	
				80	Gabon	
				80	RC	
				80	Cam	
				80	RDC	

- : pas d'information.

sapelli, etc.) dans des layons en forêt naturelle exploitée au nord du Congo, au Cameroun, et à Yangambi en RDC. Ces programmes ont été abandonnés assez rapidement pour être par exemple remplacés par des plantations d'espèces exotiques ou d'okoumé. À une échelle plus modeste, par exemple, certains paysans de l'ouest du Cameroun plantent dans leurs haies le kosipo, considéré comme espèce de forêt naturelle productrice de bois d'œuvre à longue révolution (Temgoua *et al.*, 2011).

En Côte d'Ivoire, lorsque le rythme de déboisement a atteint 600 000 hectares par an durant la décennie 1960-1970, le pays s'est tourné vers les reboisements en plein (Alexandre, 1982) alors que les programmes d'enrichissement des forêts naturelles avaient déjà été abandonnés. Le défaut de connaissances sur la régénération naturelle évoqué par Catinot (1965, 2018), lesquelles sont encore mal maîtrisées à ce jour (Doucet *et al.*, 2016), est l'un des obstacles aux techniques extensives de renouvellement et d'enrichissement du capital forestier naturel.



**Photo 7.**  
Base d'une tige de *Entandrophragma angolense*  
dans la Réserve de biosphère de Yangambi.  
Photo M. Devriendt.

En matière de plantations forestières, le renforcement des politiques de reboisement devra tenir compte des causes d'échec multiples identifiées par Marien et Gourlet-Fleury (2014) : des analyses stratégiques préalables insuffisantes ou erronées, des itinéraires techniques approximatifs ou non adaptés, une mauvaise appréciation des enjeux sociaux, une non-résolution des prérequis fonciers (problème de sécurité à long terme du foncier, pression pour d'autres usages, spéculation immobilière ou agricole), de mauvais calculs économiques, des impacts environnementaux insuffisamment documentés, ou des financements insuffisants dans la durée. En effet, pour limiter la raréfaction des espèces surexploitées, les pays d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale n'ont pas les moyens suffisants pour des investissements sur des plantations à grande échelle susceptibles de produire des arbres exploitables à l'horizon de plusieurs décennies. Le développement des systèmes agroforestiers associant la production de cacao ou de café permettrait d'assurer des revenus annuels et des revenus ponctuels plus espacés dans le temps grâce à l'exploitation du bois d'œuvre.

## Conclusion et perspectives de recherche

Cette revue de la littérature sur les enjeux et l'amélioration de la gestion du genre *Entandrophragma* en forêt naturelle montre que ce taxon présente un fort intérêt économique qui fait de lui un genre surexploité. Ayant débuté en Afrique de l'Ouest, cette surexploitation, conduite de manière industrielle et artisanale, se concentre aujourd'hui en Afrique centrale. Une régénération naturelle limitée, une vitesse de croissance moyenne ou faible, le non-respect des techniques d'exploitation à faible impact et surtout l'absence de plans d'aménagement forestier ou leur mise en œuvre partielle et/ou non contrôlée, l'extraction sélective et intensive, sont autant de menaces qui pèsent sur les populations naturelles des espèces du genre *Entandrophragma*. Ces menaces induisent aussi une érosion génétique, plus ou moins forte selon les régions. La multiplicité des usages qu'offrent ces espèces constitue un foyer potentiel de conflits entre acteurs, populations et industriels. Si les gestionnaires forestiers n'impliquent pas les populations locales selon une gestion inclusive et ne respectent pas leurs droits sociaux de base et droits d'usages forestiers, relatifs par exemple à la pharmacopée et la collecte de chenilles, des PAF viables ne sont pas possibles.

Par ailleurs, les impacts environnementaux causés par l'écémage des populations de *Entandrophragma* demeurent peu documentés concernant l'usage industriel, et presque ignorés concernant l'usage artisanal. Cet état des choses amplifie la remise en question de la durabilité de ces ressources forestières. En effet, les outils de gestion susceptibles d'atténuer cette situation doivent être analysés dans une vision globale et interactive en vue de garantir leur durabilité. Il s'agit : de la réglementation et/ou de l'amélioration de l'exploitation industrielle et artisanale, s'agissant par exemple de la réglementation sur les DME et du contrôle effectif du secteur artisanal ; de la valorisation

## Références bibliographiques

du stockage de carbone par le reboisement ; de l'amélioration de l'implication des populations locales en privilégiant la gestion inclusive dans la valorisation de la pharmacopée traditionnelle, la collecte des chenilles, la politique et les actions de reboisement, etc. Les études scientifiques qui permettraient de renforcer les orientations et les mesures de gestion des essences commerciales de *Entandrophragma* demeurent encore fragmentaires et ne couvrent pas toute l'aire de répartition du genre. À titre d'exemple, en RDC, où l'on retrouve la plus grande diversité d'espèces de *Entandrophragma* et où les principales espèces sont exploitées industriellement et artisanalement, très peu d'études scientifiques récentes ont été entreprises. Plusieurs thématiques devraient faire l'objet d'études approfondies afin d'améliorer la gestion durable de ces espèces et d'actualiser leur statut de conservation, actuellement reconnus comme étant à l'état vulnérable, en fonction de leurs zones géographiques. Pour y parvenir, il y a notamment nécessité d'améliorer les connaissances sur :

- l'analyse des cernes de croissance, en vue de mesurer le rythme de croissance, notamment face aux évolutions climatiques, par l'analyse de la relation largeur des cernes-pluviométrie ;
- l'étude des isotopes stables de l'oxygène ( $\delta^{18}O$ ) en vue de retracer le climat passé ;
- l'analyse de la croissance en diamètre par des mesures basées sur des effectifs plus importants répartis sur l'ensemble de l'aire de répartition ;
- les propriétés anatomiques et technologiques, afin de justifier des actions prioritaires de gestion durable tels le reboisement, l'intégration dans la sylviculture et le contrôle du commerce du bois illégal ;
- la mise à jour de la distribution géographique de chaque principale espèce commerciale ;
- les processus impliqués dans la régénération naturelle des espèces, notamment dans les zones exploitées ;
- les processus de reproduction (phénologie de la floraison et de la fructification, dispersion du pollen et des graines) ;
- les impacts des activités humaines (exploitation industrielle et artisanale) et environnementales tels que les changements climatiques ;
- l'évaluation ou l'évolution des stocks de production, en biomasse et en carbone ;
- l'homogénéisation des politiques forestières au sein des pays producteurs de bois précieux de *Entandrophragma* visant à améliorer leur gestion durable.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'Union européenne pour l'assistance financière à cette étude via le projet Forêt et Changement climatique au Congo mis en œuvre par le Cifor à l'Université de Kisangani, et le Musée royal de l'Afrique centrale pour la bourse de stage scientifique « ABIC » (2016, 2017, 2018) en Belgique (financée par la Direction générale de la Coopération au Développement et à l'Aide humanitaire de la Belgique). Ils remercient aussi les relecteurs pour leurs contributions à l'amélioration de la version finale de cet article, et tous ceux qui ont apporté une assistance à la recherche et à la compilation des informations liées à cette publication.

Adler D., 1989. Natural forest increment, growth and yield. In: Wong J. L. G. (ed.). Ghana forest inventory project seminar proceedings. London, United Kingdom, Overseas Development Administration, Accra, Ghana, Forestry Department, 47-52.

Alexandre D.-Y., 1982. Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire. *Candollea*, 37 : 579-588. <https://core.ac.uk/download/pdf/39875069.pdf>

ATIBT (Association technique internationale des bois tropicaux), 1986. Atlas des bois tropicaux. Tome I. Afrique. Paris, France, ATIBT, 240 p.

Bayol N., Anquetil F., Bile C., Bollen A., Bousquet M., Castadot B., et al., 2014. Filière bois d'œuvre et gestion des forêts naturelles : les bois tropicaux et les forêts d'Afrique centrale face aux évolutions des marchés. In : De Wasseige C., Flynn J., Louppe D., Hiol Hiol F., Mayaux Ph. (éds). Les forêts du bassin du Congo – État des forêts 2013. Neufchâteau, Belgique, Weyrich, 47-66.

Bayol N., Demarquez B., De Wasseige C., Eba'a R., Fisher J.-F., Nasi R., et al., 2012. La gestion des forêts et la filière bois en Afrique Centrale. In : De Wasseige C., de Marcken P., Bayol N., Hiol Hiol F., Mayaux P., Desclée B., et al. (éds). Les forêts du bassin du Congo – État des forêts 2010. Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne, 41-61.

Beeckman H., 2016. Wood anatomy and trait-based ecology. *IAWA Journal*, 37 (2): 127-151. <https://doi.org/10.1163/22941932-20160127>

Brazier J. D., Franklin G. L., 1961. Identification of hardwoods. A microscope key. *Forest Products Research Bulletin*, 46, 96 p.

Catinot R., 1965. Sylviculture tropicale en forêt dense africaine. *Bois et Forêts des Tropiques*, 100 : 5-18. <https://doi.org/10.19182/bft1965.100.a18965>

Catinot R., 2018. Tropical silviculture in dense African forest (Part 1). *Bois et Forêts des Tropiques*, 336 : 7-18. <https://doi.org/10.19182/bft2018.336.a31602>

Cerutti P. O., Suryadarma D., Nasi R., Forni E., Medjibe V., Delione S., et al., 2017. The impact of forest management plans on trees and carbon: Modeling a decade of harvesting data in Cameroon. *Journal of Forest Economics*, 27: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2017.01.004>

CFT (Compagnie forestière de transformation), 2015. Plan d'aménagement forestier. Superficie sous aménagement. Concessions 46/11 et 47/11. Kinshasa, République démocratique du Congo, CFT.

Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agromique pour le développement), 2015. Les principales caractéristiques technologiques de 245 essences forestières tropicales. *Tropix* 7.5.1.

CITES (Convention pour le commerce international des espèces de faune et flore sauvages menacées d'extinction), 1983. Texte de convention. Version amendée à Gaborone. <https://cites.org/fra/disc/text.php> (consulté le 31/05/2017).

Courelat C., Sterck F. J., Sass-Klaassen U., Van Acker J., Beeckman H., 2010. Species-specific growth responses to climate variations in understory trees of a Central African rain forest. *Biotropica*, 42: 503-511. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00613.x>

Dahms K.-G., 1999. Afrikanische Exporthölzer. 3. Auflage. Leinfelden-Echterdingen, Deutschland, DRW-Verlag, 358 p.

Daïnou K., Doucet J.-L., 2010. Évaluation de l'aménagement et de l'état des populations des essences exploitées par le Groupe SEFAC. Wavre, Belgique, Nature +.



- Daïnou K., Bracke C., Vermeulen C., Haurez B., De Vleeschouwer J.-Y., Fayolle A., *et al.*, 2016. Hautes Valeurs de Conservation (HVC) dans les Unités Forestières d'Aménagement du Cameroun : concepts, choix et pratiques. Gembloux, Belgique, Presses agronomiques de Gembloux. <http://hdl.handle.net/2268/201957>
- Dauby G., Zaiss R., Blach-Overgaard A., Catarino L., Damen T., *et al.*, 2016. RAINBIO: a mega-database of tropical African vascular plants distributions. *PhytoKeys*, 74: 1-18. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.74.9723>
- Détienne P., Mariaux A., 1977. Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges de Méliacées africaines. *Bois et Forêts des Tropiques*, 175 : 29-37. <https://doi.org/10.19182/bft1975.159.a19269>
- Détienne P., Oyono F., Durrieu L., Demarquez B., Nasi R., 1998. L'analyse des cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine. Montpellier, France, Cirad-Forêt.
- Dibong S. D., Mpondo E., Ngoye A., Kwin M. F., 2011. Plantes médicinales utilisées par les populations Bassa de la région de Douala au Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5: 1105-1117. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i3.72227>
- Doucet J.-L., Kouadio Y. L., 2007. Le moabi, une espèce « phare » de l'exploitation forestière en Afrique centrale. *Parcs Réserves*, 62 (2) : 25-31. <http://hdl.handle.net/2268/22385>
- Doucet J.-L., Daïnou K., Ligot G., Ouédraogo D.-Y., Bourland N., Ward S.-E., *et al.*, 2016. Enrichment of Central African logged forests with high-value tree species: testing a new approach to regenerating degraded forests. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 12 (1-2): 83-95. <https://doi.org/10.1080/21513732.2016.1168868>
- Doumenge C., Coppens G., Chevallier M.-H., Todou G., Niangadouma R., Fauvet N., Chevillotte H., 2010. Évaluation des niches climatiques de quatre espèces d'*Entandrophragma* (Meliaceae) d'Afrique occidentale et centrale. Implications évolutives et paléoclimatiques. In : Jeannoda V. H., Razafimandimbison S. G., De Block P. (éds). XIX<sup>e</sup> Congrès de l'AETFAT, 25-30 avril 2010, Antananarivo, Madagascar. Résumés. *Scripta Botanica Belgica*, 46 : 153.
- Dupuy B., 1998. Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine. Montpellier, France, Cirad-Forêt, 329 p. <http://agritrop.cirad.fr/315216/>
- Durrieu de Madron L., Daumerie A., 2004. Diamètre de fructification de quelques essences en forêt naturelle centrafricaine. *Bois et Forêts des Tropiques*, 281 : 87-95. <https://doi.org/10.19182/bft2004.281.a20230>
- Durrieu de Madron L., Forni E., 1997. Aménagement forestier dans l'est du Cameroun : Structure du peuplement et périodicité d'exploitation. *Bois et Forêts des Tropiques*, 254 : 39-50. <https://doi.org/10.19182/bft1997.254.a19897>
- Durrieu de Madron L., Nasi R., Détienne P., 2000. Accroissements diamétriques de quelques essences en forêt dense africaine. *Bois et Forêts des Tropiques*, 263 : 63-73. <https://doi.org/10.19182/bft2000.263.a20062>
- Eckebil P. P. T., Verheggen F., Doucet J.-L., Malaisse F., Daïnou K., Cerutti P. O., *et al.*, 2017. *Entandrophragma cylindricum* (Sprague) Sprague (Meliaceae), une espèce ligneuse concurrentielle en Afrique centrale (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 21 : 80-97. <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=13508>
- Fargeot C., Forni E., Nasi R., 2004. Réflexions sur l'aménagement des forêts de production dans le bassin du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 281 : 19-34. <https://doi.org/10.19182/bft2004.281.a20223>
- Fétéké F., Fayolle A., Daïnou K., Bourland N., Dié A., Lejeune P., *et al.*, 2016. Variations saisonnières de la croissance diamétrique et des phénologies foliaire et reproductive de trois espèces ligneuses commerciales d'Afrique centrale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 330 : 3-21. <https://doi.org/10.19182/bft2016.330.a31315>
- Fétéké F., Perin J., Fayolle A., Daïnou K., Bourland N., Kouadio Y.-L., *et al.*, 2015. Modéliser la croissance de quatre essences pour améliorer la gestion forestière au Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*, 325 : 5-20. <https://doi.org/10.19182/bft2015.325.a31269>
- Fischer E., Rembold K., Althof A., Obholzer J., Malombe I., Mwachala G., *et al.*, 2010. Annotated checklist of the vascular plants of Kakamega Forest, Western Province, Kenya. *Journal of East African Natural History*, 99 (2): 129-226. <https://doi.org/10.2982/028.099.0205>
- Geist H., Lambin E., 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52 (2): 143-150. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)
- Gérard J., 1999. Comportement et caractéristiques technologiques des bois de forêt naturelle : évolution des méthodes d'étude en relation avec l'adéquation qualité-usages. In : Nasi R., Amsellem I., Drouineau S. (éds). La gestion des forêts denses africaines aujourd'hui. Actes du séminaire Forafri de Libreville, Gabon, 12-16 octobre 1998, Cirad-Forêt, Cifor, Forafri. Montpellier, France, Cirad-Forêt. <http://agritrop.cirad.fr/392132/>
- Gérard J., Edi Kouassi A., Daigremont C., Détienne P., Fouquet D., Vernay M., 1998. Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains. Montpellier, France, Cirad-Forêt, Série Forafri, 11, 185 p. <https://agritrop.cirad.fr/315469/>
- Gérard J., Guibal D., Paradis S., Cerre J.-C., 2016. Atlas des bois tropicaux. Versailles, France, Éditions Quæ, coll. Guide pratique, 999 p.
- Gillet J.-F., Ngalouo B., Missamba-Lola A. P., 2008. Rapport d'analyse - volet dynamique forestière. Projet CIB FFEM « Suivi du programme dynamique forestière - agroforesterie - inventaires faunes ». Ministère de l'Économie forestière, République du Congo.
- Gillet P., Vermeulen C., Feintrenie L., Dessard H., Gracia M., 2016. Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo ? Synthèse bibliographique et études de cas. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20 (2) : 183-194.
- Guibal D., Langbour P., Gérard J., 2015. Propriétés physiques et mécaniques des bois. In : Mille G., Louppe D. (éds). Mémento du forestier tropical. Versailles, France, Éditions Quæ, 873-884.
- Hall J. S., 2008. Seed and seedling survival of African mahogany (*Entandrophragma* spp.) in the Central African Republic: Implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, 255: 292-299. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.050>
- IAWA (International Association of Wood Anatomists) Committee, 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin, new series* (4th printing, 2007), 10: 219-332.
- ITTO (International Tropical Timber Organization), 2017. Tropical Timber Market (TTM) Report. ITTO Market Information Service (MIS), volume 21, number 23, 1st-15th December 2017.
- Jagoret P., Kwesieu J., Messie C. A., Michel I., Malézieux E., 2014. Valeurs d'usage des ligneux utilisés en agroforesterie : les cacaoyères du Centre-Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*, 321: 45-54. <https://doi.org/10.19182/bft2014.321.a31217>

- Karsenty A., 2004. Enjeux des réformes récentes de la fiscalité forestière dans le bassin du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 281 : 51-60. <https://doi.org/10.19182/bft2004.281.a20227>
- Karsenty A., Ferron C., 2017. Recent evolutions of forest concessions status and dynamics in Central Africa. *International Forestry Review*, 19, S2. <https://doi.org/10.1505/146554817822295957>
- Karsenty A., Ongolo S., 2012. Les terres agricoles et les forêts dans la mondialisation : de la tentation de l'accaparement à la diversification des modèles ? In : Agriculture et alimentation : des champs géopolitiques de confrontation au XXI<sup>e</sup> siècle. *Cahier Demeter*, 13 : 99-108. <http://agritrop.cirad.fr/563526/>
- Karsenty A., Vermeulen C., 2016. Vers des Concessions 2.0 - Articuler gestion inclusive et exclusive dans les forêts de production en Afrique centrale. In : Buttoud G., Nguingui J. C., Aubert S., Bakouma J., Karsenty A., Kouplevatskaya-Buttoud I., Lescuyer G. (éds). *La gestion inclusive des forêts d'Afrique centrale : de la participation au partage des pouvoirs*. Libreville, Gabon, FAO, Cifor, 205-223. <http://hdl.handle.net/2268/198501>
- Kasongo Yakusu E., Monthe F. S., Bourland N., Hardy O. J., Louppe D., Bola Mbele Lokanda F., et al., 2018. Le genre *Entandrophragma* (Meliaceae) : taxonomie et écologie d'arbres africains d'intérêt économique (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 22 (2). <https://popups.uliege.be/443/1780-4507/index.php?id=16353>.
- Kémeuzé V. A., 2008. *Entandrophragma cylindricum* (Sprague) Sprague. In : Louppe D., Oteng-Amoako A. A., Brink M. (éds). *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7 (1). Bois d'œuvre 1*. Traduction de : *Plant Resources of Tropical Africa 7 (1). Timbers 1*. 2008. Wageningen, Pays-Bas, Fondation PROTA, 268-273. <https://www.prota4u.org/database/Entandrophragma-cylindricum> (consulté le 17/06/2016). <http://edepot.wur.nl/417632>
- Lebacqz L., Istas J. R., 1950. Les bois des Méliacées du Congo Belge. Volume 2. Tervuren, Belgique, Annales du Musée du Congo Belge, 127 p.
- Lemmens R. H. M. J., 2008. *Entandrophragma excelsum* (Dawe & Sprague) Sprague. In : Louppe D., Oteng-Amoako A. A., Brink M. (éds). *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7 (1). Bois d'œuvre 1*. Traduction de : *Plant Resources of Tropical Africa 7 (1). Timbers 1*. 2008. Wageningen, Pays-Bas, Fondation PROTA, 273-280. <http://edepot.wur.nl/417632>
- Lemmens R. H. M. J., Omino E. A., Bosch C. H., et al., 2010. Bois d'œuvre de l'Afrique tropicale. Conclusions et recommandations basées sur PROTA 7 (1) : Bois d'œuvre 1. Traduction de : *Timbers of Tropical Africa. Conclusions and recommendations based on PROTA 7 (1): Timbers 1*. 2009. Nairobi, Kenya, Fondation PROTA, 92 p.
- Leroy M., Vendé J., Aubert P. M., Espinosa L., Leménager T., 2011. Concept et dispositifs de gestion durable des forêts tropicales : une analyse critique de la prise en charge des enjeux environnementaux. Actes du colloque SIFFE, Yaoundé, Cameroun. [http://www.siffee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/yaounde/pleniere-2-2/2\\_LEROY\\_DERROIRE\\_TXT.pdf](http://www.siffee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/yaounde/pleniere-2-2/2_LEROY_DERROIRE_TXT.pdf) (consulté le 05/12/2017).
- Lescuyer G., Cerutti P. O., Essiane E., Ebba R., Nasi R., 2012. Évaluation du secteur du sciage artisanal dans le bassin du Congo. In : De Wasseige C., de Marcken P., Bayol N., Hiol H. I., Mayaux P., Desclée B., Nasi R., et al. (éds). *Les forêts du bassin du Congo – État des forêts 2010*. Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne.
- Lisingo J., Lokinda F., Wetsi J.-L., Ntahobavuka H., 2012. Exploitation artisanale du bois et des chenilles comestibles par les habitants de la ville de Kisangani et ses environs. In : Benneker C., Assumani D.-M., Maindo A., Bola F., Kimbuni G., Lescuyer G., et al. (éds). *Le bois à l'ordre du jour. Exploitation artisanale de bois d'œuvre en RD Congo : Secteur porteur d'espoir pour le développement des petites et moyennes entreprises*. Wageningen, Pays-Bas, Tropenbos International, 248-262.
- Louppe D., 2015. Anatomie des bois. In : Mille G., Louppe D. (éds). *Mémento du forestier tropical*. Versailles, France, Éditions Quæ, 859-867.
- Louppe D., Oteng-Amoako A. A., Brink M. (éds), 2008. *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7 (1). Bois d'œuvre 1*. Traduction de : *Plant Resources of Tropical Africa 7 (1). Timbers 1*. 2008. Wageningen, Pays-Bas, Fondation PROTA, 785 p.
- Louppe D., Ouataru N., 2013. Étude sur l'exploitation forestière et les contraintes d'une gestion des forêts dans le domaine rural en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 216 p.
- Lourmas M., Kjellberg F., Dessard H., Joly H. I., Chevallier M. H., 2007. Reduced density due to logging and its consequences on mating system and pollen flow in the African mahogany *Entandrophragma cylindricum*. *Heredity*, 99: 151-160. <https://www.nature.com/articles/6800976>
- Marien J.-N., Gourlet-Fleury S., 2014. Les plantations forestières en Afrique centrale : des sylvicultures nouvelles pour répondre aux nouveaux besoins des sociétés. In : De Wasseige C., Flynn J., Louppe D., Hiol H. I., Mayaux Ph. (éds). *Les forêts du bassin du Congo - État des forêts 2013*. Neufchâteau, Belgique, Weyrich, 197-212. [http://www.observatoire-comifac.net/docs/edf2013/FR/EDF2013\\_FR\\_chap8.pdf](http://www.observatoire-comifac.net/docs/edf2013/FR/EDF2013_FR_chap8.pdf)
- Marien J.-N., Mallet B., 2004. Nouvelles perspectives pour les plantations forestières en Afrique centrale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 282 : 67-79. <https://doi.org/10.19182/bft2004.282.a20221>
- Mate J.-P., Lusuna M., Nshimba H., Ndjele L., 2013. Les essences forestières à charbon de bois aux environs de Kisangani. In : Marien J.-N., Dubiez E., Louppe D., Larzillière A. (éds). *Quand la ville mange la forêt. Les défis du bois-énergie en Afrique centrale*. Versailles, France, Éditions Quæ, 159-166.
- Meunier Q., Moumboogu C., Doucet J.-L., 2015. Les arbres utiles du Gabon. Gembloux, Belgique, Presses agronomiques de Gembloux, 340 p. <http://hdl.handle.net/2268/183815>
- Monthe F. K., Duminil J., Kasongo Yakusu E., Beeckman H., Bourland N., et al., 2018. The African timber tree *Entandrophragma congense* (Pierre ex De Wild.) A.Chev. is morphologically and genetically distinct from *Entandrophragma angolense* (Welw.) C.DC. *Tree Genetics & Genomes*, 14: 66. <https://doi.org/10.1007/s11295-018-1277-6>
- Monthe F. K., Hardy O. J., Doucet J.-L., Loo J., Duminil J., 2017. Extensive seed and pollen dispersal and assortative mating in the rain forest tree *Entandrophragma cylindricum* (Meliaceae) inferred from indirect and direct analyses. *Molecular Ecology*, 26: 5279-5291. <https://doi.org/10.1111/mec.14241>
- Mujuni D. B., 2008. *Entandrophragma utile* (Dawe & Sprague) Sprague. In : Louppe D., Oteng-Amoako A. A., Brink M. (éds). *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7 (1). Bois d'œuvre 1*. Traduction de : *Plant Resources of Tropical Africa 7 (1). Timbers 1*. 2008. Wageningen, Pays-Bas, Fondation PROTA. <https://www.prota4u.org/database/Entandrophragma-utile> (consulté le 17/06/2016).
- Nanson A., 2004. Génétique et amélioration des arbres forestiers. Gembloux, Belgique, Presses agronomiques de Gembloux, 712 p.

- Nyunai N., 2008. *Entandrophragma candollei* Harms. In : Louppe D., Oteng-Amoako A. A., Brink M. (éds). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7 (1). Bois d'œuvre 1. Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 7 (1). Timbers 1. 2008. Wageningen, Pays-Bas, Fondation PROTA. <https://www.prota4u.org/database/Entandrophragmacandollei> (consulté le 17/06/2016).
- Owona Ndong P.-A., 2006. Évaluation de la potentialité des plantations forestières au Centre-Sud Cameroun : Résultats des mesures effectuées dans l'arboretum de Mbalmayo et des enquêtes menées en périphérie de sa réserve. Mémoire de stage, Cirad, France.
- Onifade A. K., 2006. Effect of essential oils of some Meliaceae plants on aflatoxin production and growth of *Aspergillus parasiticus*. Journal of Food Technology, 4: 322-324. <http://medwell-journals.com/abstract/?doi=jftech.2006.322.324>
- Owona Ndong P.-A., Peltier R., Linjoum I., Louppe D., Smek-tala G., Beligné V., et al., 2009. Plantations de bois d'œuvre en zone équatoriale africaine : cas de l'arboretum de l'Enef de Mbalmayo au sud du Cameroun. Bois et Forêts des Tropiques, 299 : 37-48. <https://doi.org/10.19182/bft2009.299.a20421>
- Palla F., Louppe D., Forni E., 2002. Sapelli. Fiche technique, écologique et sylvicole. Montpellier, France, Cirad-Forêt.
- Petrucchi Y., Tandeau de Marsac G., Morel P. J., 1995. Évolution du peuplement adulte et de la régénération acquise après interventions sylvicoles. Dispositif de recherche en forêt dense de Boukoko-La Lolé. Appui à la recherche forestière FAC/ARF. Bangui, République centrafricaine, Ministère des Eaux, Forêts, Chasse et Pêche, 55 p.
- Plumptre A. J., 1995. The importance of "seed trees" for the natural regeneration of selectively logged tropical forest. Commonwealth Forestry Review, 74: 253-258.
- Poorter L., Bongers F., Kouamé F. Y. N., Hawthorne W.-D., 2014. Biodiversity of West African Forests: An Ecological Atlas of Woody Plant Species. Wallingford, United Kingdom, CABI Publishing, 521 p. <https://www.jstor.org/stable/42608376>
- Sépulchre F., Daïnou K., Doucet J.-L., 2008. Étude de la vulnérabilité de 18 essences ligneuses commerciales d'Afrique centrale reprises sur la liste rouge UICN. Gembloux, Belgique, Université des Sciences agronomiques de Gembloux. [http://www.atibt.org/wp-content/uploads/2017/06/Etude\\_vulnerabilite\\_Gembloux\\_2008.pdf](http://www.atibt.org/wp-content/uploads/2017/06/Etude_vulnerabilite_Gembloux_2008.pdf)
- Staner P., Gilbert G., 1958. Meliaceae. In : Robyns W., Staner P., Demaret F., Germain R., Gilbert G., et al. (éds). Flore du Congo Belge et du Rwanda-Urundi. Spermatophytes. Volume 7. Bruxelles, Belgique, Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge (INEAC), 147-213.
- Tailfer Y., 1989. La forêt dense d'Afrique centrale. Identification pratique des principaux arbres. Tome I. Approche forestière et morphologique. Québec, Canada, Agence de coopération culturelle et technique, Wageningen, Pays-Bas, Centre technique de coopération agricole et rurale.
- Tchinda A. T., 2008. *Entandrophragma angolense* (Welw.) C.DC. In : Louppe D., Oteng-Amoako A. A., Brink M. (éds). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7 (1). Bois d'œuvre 1. Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 7 (1). Timbers 1. 2008. Wageningen, Pays-Bas, Fondation PROTA. <https://www.prota4u.org/database/Entandrophragmaangolense> (consulté le 17/06/2016).
- Temgoua L., Njouka R., Peltier R., 2011. Plantations ingénieuses de bois d'œuvre par les paysans de l'Ouest-Cameroun. Bois et Forêts des Tropiques, 309 : 63-76. <https://doi.org/10.19182/bft2011.309.a20467>
- Tiayon F., Molnar A., 2012. Perspectives comparatives de l'exploitation artisanale du bois en RD Congo : évolution des politiques et des pratiques. In : Benneker C., Assumani D.-M., Maindo A., Bola F., Kimbuani G., Lescuyer G., et al. (éds). Le bois à l'ordre du jour. Exploitation artisanale de bois d'œuvre en RD Congo : secteur porteur d'espoir pour le développement des petites et moyennes entreprises. Wageningen, Pays-Bas, Tropenbos International, 133-135.
- Tieguhong J. C., Snook L., Taedoumg H., Maukonen P., Tchata M., Loo J., et al., 2017. Beyond timber: balancing demands for tree resources between concessionaires and villagers. International Forestry Review, 19 (S2): 14. [https://www.biodiversityinternational.org/index.php?id=244&tx\\_news\\_pi1%5Bnews%5D=9554](https://www.biodiversityinternational.org/index.php?id=244&tx_news_pi1%5Bnews%5D=9554)
- Tshimpanga P., Lescuyer G., Vleminckx J., Adebou B., Lokombe D., 2016. Utilité d'une typologie des exploitants artisanaux de bois pour contribuer à la formulation d'une politique publique en province Orientale (RD Congo). Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 20 : 468-481. <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=13242>
- UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), 2012. Catégories et Critères de la Liste rouge de l'UICN : Version 3.1. Deuxième édition. Gland, Suisse, Cambridge, Royaume-Uni, UICN, 32 p. Originellement publié en tant que IUCN Red List Categories and Criteria : Version 3.1. Second edition.
- Van der Sleen P., Groenendijk P., Zuidema P. A., 2015. Tree-ring  $\delta^{18}O$  in African mahogany (*Entandrophragma utile*) records regional precipitation and can be used for climate reconstructions. Global and Planetary Change, 127: 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.01.014>
- Vermeulen C., Schippers C., Ntoun M. F. D., Bracke C., 2009. Enjeux méthodologiques autour des produits forestiers non ligneux dans le cadre de la certification en Afrique centrale. Bois et Forêts des Tropiques, 300 : 69-78. <https://doi.org/10.19182/bft2009.300.a20416>
- Wheeler E., Baas P., Gason P., 1989. IAWA List of Microscopical Features for Hardwood Identification. IAWA Journal, 10 (3): 219-332. <https://doi.org/10.1002/fedr.19901011106>
- White F., 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Paris, France, Orstom et Unesco. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-06/24837.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-06/24837.pdf)
- White L., Gasson P., 2008. Mahogany. Kew, United Kingdom, Kew Publishing, 99 p.
- Yalibanda Y., 1999. Phénologie en forêt dense de Ngotto (Rca). Bilan de trois années d'observation. In : Nasi R., Amsellem I., Drouineau S. (éds). La gestion des forêts denses africaines aujourd'hui. Actes du séminaire Forafri de Libreville (Gabon), 12-16 octobre 1998. Montpellier, France, Cirad-Forêt, cédérom, 24 p. <http://agritrop.cirad.fr/392581/>

Bois et Forêts des Tropiques - Revue scientifique du Cirad

Cirad - Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France - Contact : [bft@cirad.fr](mailto:bft@cirad.fr) - ISSN : L-0006-579X